

**SIMULASI ARUS LALU LINTAS
PADA PERSIMPANGAN TUNGGULWULUNG
UNTUK MEMINIMASI *WAITING TIME* KENDARAAN**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FADILIA RINARWASTU
NIM. 135060707111007**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

**SIMULASI ARUS LALU LINTAS
PADA PERSIMPANGAN TUNGGULWULUNG
UNTUK MEMINIMASI *WAITING TIME* KENDARAAN**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FADILIA RINARWASTU
NIM. 135060707111007**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 11 Januari 2018

Mahasiswa



Fadilia Rinarwastu

NIM. 135060707111007

LEMBAR PENGESAHAN

**SIMULASI ARUS LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN
TUNGGULWULUNG UNTUK MEMINIMASI *WAITING TIME*
KENDARAAN**

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FADILIA RINARWASTU
NIM. 135060707111007

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 11 Januari 2018

Dosen Pembimbing I

Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

Dosen Pembimbing II

Rahmi Yuniarti, ST., MT.
NIP. 19840624 200812 2 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Simulasi Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Tunggulwulung untuk Meminimasi *Waiting Time* Kendaraan” dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai bagian dari proses memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Setelah melewati berbagai tahapan, skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, semangat, motivasi, dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran tanpa henti dari awal penulis memasuki dunia perkuliahan sampai dengan penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Bapak, Ibu, dan Mas Wida yang telah memberikan dukungan berupa fisik dan materi, doa, kesabaran, serta kasih sayang sehingga penulis dapat terus termotivasi untuk menyelesaikan skripsi
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan arahan, masukan, motivasi, serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya dan Dosen Pembimbing II atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan arahan, masukan, motivasi, serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membagi ilmu akademik maupun non-akademik dan berbagai pengalaman hidup selama dalam dunia perkuliahan.
7. Bapak Aziz Yuda sebagai narasumber yang telah membimbing, memberikan arahan, dan memberikan bantuan informasi terkait dengan skripsi ini.
8. Sahabat dari perkuliahan yaitu Ajibah, Astri, Nadya Puspita, Putri Oktavianti, yang telah memberi bantuan, semangat, motivasi, dan doa kepada penulis.

9. Sahabat sekolah penulis yaitu Bellinda, R.A. Putri, Maghfira Chaerani, Viska Yolanda, Nadia Farah Fadhila, Dhanisa Aulia, Ria Puspasari, Salma Amelia Dina, Fathimatuzzahra, Amalia, dan Nindia, yang telah memberi bantuan, semangat, motivasi, dan doa kepada penulis.
10. Teman-teman dari Laboratorium Simulasi dan Aplikasi Industri yaitu Rima, Tamara, Firma, Renanta, Nadhilah, Dino, dan Alfian serta adik-adik asisten atas bantuan, semangat, motivasi, dan doa kepada penulis
11. Seluruh keluarga angkatan 2013 Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya atas kebersamaan, semangat, doa, dan kerjasama selama ini.
12. Seluruh pihak untuk bantuannya yang tidak dapat disebut satu-persatu dan yang sangat berperan dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini mungkin belum sempurna karena keterbatasan ilmu dari penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Rumusan Masalah	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Asumsi Penelitian	7
1.6 Tujuan Penelitian	7
1.7 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Rekayasa Lalu Lintas	10
2.3 Persimpangan	11
2.3.1 Jenis-jenis Persimpangan	11
2.3.2 Konflik Persimpangan.....	12
2.3.3 Pengaturan Persimpangan	14
2.4 Volume Lalu Lintas.....	15
2.5 Teori Antrian	15
2.5.1 Disiplin Antrian.....	15
2.5.2 Struktur Model Antrian (Desain Fasilitas Pelayanan)	16
2.6 Sistem, Model, dan Simulasi.....	17
2.6.1 Sistem.....	17
2.6.2 Model	18
2.6.3 Simulasi.....	19
2.7 Uji Kecukupan Data	20
2.8 <i>Activity Cycle Diagram</i> (ACD)	21

2.9 ARENA Simulation Software	22
2.9.1 Modul pada Software ARENA	22
2.9.2 Input Analyzer.....	23
2.9.3 Process Analyzer	23
2.10 Penentuan Jumlah Replikasi	24
2.11 Verifikasi dan Validasi Model	24
2.11.1 Verifikasi	24
2.11.2 Validasi	25
2.12 Manual Kapasitas Jalan Indonesia	25
2.12.1 Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal	25
2.12.2 Prosedur Perhitungan Kinerja Simpang Tak Bersinyal	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Jenis Penelitian	37
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
3.3 Tahap Penelitian	37
3.3.1 Tahap Pendahuluan.....	37
3.3.2 Tahap Pengumpulan Data.....	38
3.3.3 Tahap Pengolahan Data	39
3.3.4 Tahap Analisis dan Pembahasan	39
3.3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran	40
3.4 Diagram Alir Penelitian	40
3.5 Diagram Alir Pembuatan Simulasi	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Gambaran Umum Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung	45
4.2 Pengumpulan Data.....	49
4.2.1 Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan.....	50
4.2.2 Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Ruas Jalan Tujuan	51
4.2.3 Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan.....	51
4.2.4 Data Waktu Tunggu Kendaraan	55
4.3 Uji Kecukupan Data.....	55
4.4 Penentuan Distribusi Probabilitas Data	58
4.4.1 Penentuan Distribusi Probabilitas Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan.....	59

4.4.2 Penentuan Distribusi Probabilitas Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Ruas Jalan Tujuan	60
4.5 Model Konseptual Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung	62
4.6 Pembuatan Model Simulasi Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung	63
4.7 Verifikasi.....	81
4.8 Validasi	89
4.8.1 Validasi Model Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00	89
4.8.2 Validasi Model Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30	93
4.8.3 Validasi Model Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30	97
4.9 Penentuan Jumlah Replikasi Simulasi	102
4.10 Analisis Hasil <i>Output</i> Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung.....	104
4.10.1 Analisis Hasil <i>Output</i> Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00.....	104
4.10.2 Analisis Hasil <i>Output</i> Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30.....	107
4.10.3 Analisis Hasil <i>Output</i> Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30.....	111
4.11 Analisis Kinerja Persimpangan Tunggulwulung dengan MKJI	114
4.12 Rekomendasi Perbaikan.....	116
4.12.1 Rekomendasi Perbaikan Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Pagi Hari.....	122
4.12.2 Rekomendasi Perbaikan Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Siang Hari.....	124
4.12.3 Rekomendasi Perbaikan Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Sore Hari.....	126
BAB V PENUTUP	129
5.1 Kesimpulan	129
5.2 Saran.....	130
DAFTAR PUSTAKA	133

LAMPIRAN	135
-----------------------	-----

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Rata-rata Kendaraan yang Menunggu Setiap Fase Selama 10 Menit.....	4
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	10
Tabel 2.2	Simbol-simbol dalam ACD	21
Tabel 2.3	Modul-modul ARENA	22
Tabel 2.4	Kelas Ukuran Kota	29
Tabel 2.5	Tipe Lingkungan Jalan	29
Tabel 2.6	Jumlah Lajur dan Lebar Rata-rata Pendekat Minor dan Utama	31
Tabel 2.7	Kode Tipe Simpang	31
Tabel 2.8	Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang	31
Tabel 2.9	Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama.....	32
Tabel 2.10	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	32
Tabel 2.11	Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor	33
Tabel 2.12	Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor	34
Tabel 4.1	Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Saxophone	52
Tabel 4.2	Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat.....	53
Tabel 4.3	Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Akordion Selatan	54
Tabel 4.4	Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Akordion.....	54
Tabel 4.5	Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Simpang Akordion.....	55
Tabel 4.6	Uji Kecukupan Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju ke Ruas Jalan Tujuan.....	56
Tabel 4.7	Uji Kecukupan Data Waktu Tunggu Kendaraan	58
Tabel 4.8	Penentuan Distribusi untuk Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan	59
Tabel 4.9	Penentuan Distribusi untuk Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Tujuan.....	60
Tabel 4.10	Daftar Entitas Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung.....	62
Tabel 4.11	Daftar Aktivitas Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung	62
Tabel 4.12	Modul <i>Create</i>	63
Tabel 4.13	<i>Entity Type</i> pada Modul <i>Assign</i>	64
Tabel 4.14	Variabel pada Modul <i>Assign</i>	66
Tabel 4.15	Modul <i>Decide</i> Menentukan Jenis Kendaraan	78
Tabel 4.16	Modul Proses	79

Tabel 4.17 Pengurangan Variabel pada Modul <i>Assign</i>	81
Tabel 4.18 Hasil Waktu Tunggu Jalan Saxophone Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi	90
Tabel 4.19 Hasil Uji Validasi <i>Hold 1</i> (Jalan Saxophone) Pukul 06.00-07.00.....	90
Tabel 4.20 Hasil Waktu Tunggu Jalan Candi Panggung Barat Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi.....	90
Tabel 4.21 Hasil Uji Validasi <i>Hold 2</i> (Jalan Candi Panggung Barat) Pukul 06.00-07.00 ..	91
Tabel 4.22 Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion Selatan Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi.....	91
Tabel 4.23 Hasil Uji Validasi <i>Hold 3</i> (Jalan Akordion Selatan) Pukul 06.00-07.00	92
Tabel 4.24 Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi	92
Tabel 4.25 Hasil Uji Validasi <i>Hold 4</i> (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Pukul 06.00-07.00.....	93
Tabel 4.26 Hasil Waktu Tunggu Jalan Saxophone Pukul 11.30-12.30 pada Simulasi	93
Tabel 4.27 Hasil Uji Validasi <i>Hold 1</i> (Jalan Saxophone) Pukul 11.30-12.30.....	94
Tabel 4.28 Hasil Waktu Tunggu Jalan Candi Panggung Barat Pukul 11.30-12.30	94
Tabel 4.29 Hasil Uji Validasi <i>Hold 2</i> (Jalan Candi Panggung Barat) Pukul 11.30-12.30 ..	95
Tabel 4.30 Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion Selatan Pukul 11.30-12.30	95
Tabel 4.31 Hasil Uji Validasi <i>Hold 3</i> (Jalan Akordion Selatan) Pukul 11.30-12.30	96
Tabel 4.32 Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 11.30-12.30 pada Simulasi	96
Tabel 4.33 Hasil Uji Validasi <i>Hold 4</i> (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Pukul 11.30-12.30.....	96
Tabel 4.34 Hasil Waktu Tunggu Jalan Saxophone Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi	97
Tabel 4.35 Hasil Uji Validasi <i>Hold 1</i> (Jalan Saxophone) Pukul 15.30-16.30.....	98
Tabel 4.36 Hasil Waktu Tunggu Jalan Candi Panggung Barat Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi.....	98
Tabel 4.37 Hasil Uji Validasi <i>Hold 2</i> (Jalan Candi Panggung Barat) Pukul 15.30-16.30 ..	98
Tabel 4.38 Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion Selatan Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi.....	99
Tabel 4.39 Hasil Uji Validasi <i>Hold 3</i> (Jalan Akordion Selatan) Pukul 15.30-16.30	99
Tabel 4.40 Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi	100

Tabel 4.41 Hasil Uji Validasi <i>Hold</i> 4 (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi	100
Tabel 4.42 Perbandingan Jumlah Number In pada Simulasi dan Sistem Nyata.....	101
Tabel 4.43 <i>Number In</i> Kendaraan pada Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00 (Unit).....	104
Tabel 4.44 <i>Number Out</i> Kendaraan di Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00 (Unit).....	105
Tabel 4.45 <i>Waiting Time</i> pada Setiap Ruas Jalan Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00 (Jam).....	107
Tabel 4.46 <i>Number In</i> Kendaraan pada Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30 (Unit).....	108
Tabel 4.47 <i>Number Out</i> Kendaraan di Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30 (Unit).....	109
Tabel 4.48 <i>Waiting Time</i> pada Setiap Ruas Jalan Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30 (Jam).....	110
Tabel 4.49 <i>Number In</i> Kendaraan pada Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30 (Unit).....	111
Tabel 4.50 <i>Number Out</i> Kendaraan di Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30 (Unit).....	113
Tabel 4.51 <i>Waiting Time</i> pada Setiap Ruas Jalan Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30 (Jam).....	114
Tabel 4.52 Estimasi Waktu Kendaraan Berjalan untuk Rekomendasi Perbaikan	120
Tabel 4.53 Hasil Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pagi Hari dengan MKJI	122
Tabel 4.54 <i>Output</i> Simulasi Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pagi Hari	122
Tabel 4.55 Hasil Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Siang Hari dengan MKJI	124
Tabel 4.56 <i>Output</i> Simulasi Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Siang Hari.....	124
Tabel 4.57 Hasil Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Sore Hari dengan MKJI	126
Tabel 4.58 <i>Output</i> Simulasi Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Sore Hari	126

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Jumlah kendaraan di Kota Malang Tahun 2012-2015	2
Gambar 1.2	Lokasi persimpangan Tunggulwulung.....	2
Gambar 1.3	Jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang (smp) per jam	4
Gambar 1.4	Kondisi lalu lintas persimpangan Tunggulwulung	5
Gambar 2.1	Jenis-jenis persimpangan sebidang	12
Gambar 2.2	Jenis-jenis <i>interchange</i>	12
Gambar 2.3	<i>Diverging</i>	13
Gambar 2.4	<i>Merging</i>	13
Gambar 2.5	<i>Weaving</i>	13
Gambar 2.6	<i>Crossing</i>	14
Gambar 2.7	Struktur model antrian <i>single channel – single phase</i>	16
Gambar 2.8	Struktur model antrian <i>single channel – multiple phase</i>	16
Gambar 2.9	Struktur model antrian <i>multiple channel – single phase</i>	17
Gambar 2.10	Struktur model antrian <i>multiple channel – multiple phase</i>	17
Gambar 2.11	Contoh sketsa data masukan geometrik.....	27
Gambar 2.12	Contoh sketsa arus lalu lintas.....	28
Gambar 2.13	Variabel arus lalu lintas	28
Gambar 2.14	Lebar rata-rata pendekat	30
Gambar 2.15	Faktor penyesuaian lebar pendekat.....	32
Gambar 2.16	Faktor penyesuaian belok kiri.....	33
Gambar 2.17	Faktor penyesuaian belok kanan.....	34
Gambar 2.18	Tundaan lalu lintas simpang dengan derajat kejenuhan	35
Gambar 2.19	Tundaan lalu lintas jalan utama dengan derajat kejenuhan	35
Gambar 2.20	Rentang peluang antrian (QP%) terhadap derajat kejenuhan (DS)	36
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	41
Gambar 3.2	Diagram alir pembuatan model simulasi	44
Gambar 4.1	Contoh penggunaan modul <i>create</i> untuk pendefinisian kedatangan kendaraan	64
Gambar 4.2	Contoh penggunaan modul <i>decide</i> untuk mendefinisikan arah tujuan kendaraan	64
Gambar 4.3	Contoh penggunaan modul <i>assign</i> untuk mendefinisikan nama entitas baru	66

Gambar 4.4	Contoh penggunaan modul <i>assign</i> untuk pendefinisian variabel	67
Gambar 4.5	Contoh penggunaan modul <i>decide</i> untuk menentukan kondisi berjalan dan tunggu kendaraan.....	78
Gambar 4.6	Contoh penggunaan modul <i>hold</i> untuk menahan kendaraan hingga kondisi terpenuhi	78
Gambar 4.7	Contoh penggunaan modul <i>decide</i> untuk menentukan jenis kendaraan.....	79
Gambar 4.8	Contoh penggunaan modul <i>process</i> untuk mendefinisikan proses berpindahnya kendaraan menuju ruas jalan tujuan.....	80
Gambar 4.9	Penggunaan modul <i>assign</i> untuk mendefinisikan pengurangan variabel	81
Gambar 4.10	Contoh penggunaan modul <i>dispose</i>	81
Gambar 4.11	Pemeriksaan satuan waktu pada model simulasi	81
Gambar 4.12	Pemeriksaan satuan waktu pada modul <i>process</i>	82
Gambar 4.13	<i>Compile error</i> pada model simulasi	83
Gambar 4.14	Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Saxophone.....	84
Gambar 4.15	Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Candi Panggung Barat.....	85
Gambar 4.16	Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Akordion Selatan	86
Gambar 4.17	Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Akordion dan Simpang Akordion.....	87
Gambar 4.18	Animasi pada model simulasi	88
Gambar 4.19	Geometri simpang pada persimpangan Tunggulwulung	115
Gambar 4.20	Contoh <i>crossing</i> pada kondisi awal persimpangan Tunggulwulung	117
Gambar 4.21	<i>Stop line</i>	117
Gambar 4.22	Alternatif 2.....	118
Gambar 4.23	Alternatif 3.....	119
Gambar 4.24	Rambu dilarang berhenti	121
Gambar 4.25	<i>Interface</i> simulasi lalu lintas pagi hari.....	123
Gambar 4.26	<i>Interface</i> simulasi lalu lintas siang hari	125
Gambar 4.27	<i>Interface</i> simulasi lalu lintas sore hari	127

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Antrian Kendaraan pada pukul 06.30-06.40	135
Lampiran 2	Jumlah Kendaraan per 10 Menit	137
Lampiran 3	Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Bermotor di Jalan Saxophone (Detik)	139
Lampiran 4	Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Bermotor di Jalan Candi Panggung Barat (Detik)	151
Lampiran 5	Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Bermotor di Jalan Akordion Selatan (Detik)	165
Lampiran 6	Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Bermotor di Jalan Akordion (Detik)	178
Lampiran 7	Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Bermotor di Jalan Simpang Akordion (Detik)	189
Lampiran 8	Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Saxophone	192
Lampiran 9	Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Candi Panggung Barat	196
Lampiran 10	Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Akordion Selatan	202
Lampiran 11	Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion	208
Lampiran 12	Data Waktu Tunggu Kendaraan	214
Lampiran 13	<i>Activity Cycle Diagram</i> Sistem Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung	217
Lampiran 14	Model Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung dengan ARENA 14	221
Lampiran 15	Formulir USIG Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00 – 07.00	225
Lampiran 16	Formulir USIG Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30 – 12.30	231
Lampiran 17	Formulir USIG Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30 – 16.30	237

Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Fadilia Rinarwastu, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2017, *Simulasi Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Tunggulwulung untuk Meminimasi Waiting Time Kendaraan*, Dosen Pembimbing: Ishardita Pambudi Tama dan Rahmi Yuniarti.

Persimpangan Tunggulwulung, Malang merupakan salah satu simpang tak bersinyal yang terletak di jalur alternatif serta merupakan salah satu jalur lintas kota/kabupaten yang sering dilewati kendaraan. Terdapat lima ruas jalan pada persimpangan ini yaitu Jalan Saxophone, Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion. Semakin meningkatnya volume kendaraan yang melintasi persimpangan ini menyebabkan terjadinya kemacetan dan berdampak pada *waiting time* kendaraan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi antrian dan waktu tunggu kendaraan berdasarkan simulasi yang dibuat serta untuk menentukan rekomendasi perbaikan terbaik yang dapat mengurangi waktu tunggu kendaraan.

Untuk menganalisis masalah lalu lintas pada persimpangan ini, diperlukan rekayasa sistem lalu lintas dengan menggunakan metode simulasi menggunakan *software* ARENA. Simulasi dilakukan berdasarkan tiga horizon waktu pada jam puncak yaitu pagi hari (06.00-07.00), siang hari (11.30-12.30), dan sore hari (15.30-16.30). Pengambilan data dilakukan pada hari Senin-Sabtu. Penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data dan membuat model konseptual dengan *Activity Cycle Diagram* (ACD). Selain menggunakan simulasi, analisis juga dilakukan dengan melakukan perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan persimpangan berdasarkan panduan MKJI.

Hasil simulasi dan MKJI menunjukkan bahwa waktu tunggu kendaraan dan derajat kejenuhan persimpangan pada pagi, siang, dan sore sangat tinggi sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan tersebut. Terdapat tiga rekomendasi perbaikan dalam penelitian ini yaitu pemasangan *stop line* untuk mengurangi hambatan samping, kebijakan satu arah untuk seluruh jenis kendaraan pada Jalan Simpang Akordion, dan kebijakan satu arah pada beberapa ruas jalan di Persimpangan Tunggulwulung. Dari ketiga rekomendasi perbaikan tersebut, rekomendasi perbaikan yang terpilih adalah rekomendasi perbaikan 3 yaitu dengan melakukan pemasangan *stop line* dan kebijakan satu arah pada Jalan Akordion, Simpang Akordion, Saxophone, dan Akordion Selatan atau penerapan perputaran jalan untuk kendaraan dari Candi Panggung Barat yang menuju ke Saxophone dengan melewati Jalan Akordion Selatan. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan dengan panduan MKJI, rekomendasi perbaikan 3 dapat mengurangi waktu tunggu dan derajat kejenuhan. Pada pengamatan pagi, waktu tunggu pada Jalan Saxophone, Candi Panggung Barat, dan Simpang Akordion berkurang menjadi 3.7 menit; 42.8 detik; dan 2 menit. Pada pengamatan siang, waktu tunggu pada Jalan Saxophone, Candi Panggung Barat, dan Simpang Akordion berkurang menjadi 15.84 detik; 39.6 detik; dan 1.6 menit. Pada pengamatan sore, waktu tunggu pada Jalan Saxophone, Candi Panggung Barat, dan Simpang Akordion berkurang menjadi 1.2 menit; 23 detik; dan 5 menit. Tidak terdapat waktu tunggu di Jalan Akordion Selatan dan Akordion pada rekomendasi perbaikan 3 karena ketiga jalan tersebut berfungsi sebagai ruas jalan tujuan kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone, Candi Panggung Barat, dan Simpang Akordion.

Kata Kunci: ARENA, Lalu Lintas Persimpangan, Simulasi, Simpang Tak Bersinyal, *Waiting Time* Kendaraan

Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Fadilia Rinarwastu, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, December 2017, Traffic Flow Simulation at the Junction of Tunggulwulung to Minimize Vehicles Waiting Time, Academic Supervisor: Ishardita Pambudi Tama and Rahmi Yuniarti.

Junction of Tunggulwulung, Malang is one of unsignalized junction located at the alternative lane and also one of cross-city lane that often passed by vehicles. There are five streets in this junction, namely Saxophone, Candi Panggung Barat, Akordion Selatan, Akordion, dan Simpang Akordion Street. The increased volume of vehicles that cross in this junction can cause bottleneck and give the impact on the vehicles waiting time. The purpose of this research is to analyze vehicles queue and waiting time based on simulation and also to determine improvement recommendation which reduced vehicles waiting time.

To analyze traffic problem in this junction, traffic systems engineering is needed with simulation method using ARENA software. Data was collected in Monday to Saturday. Simulation is done based on three time horizons which is morning (06.00-07.00), afternoon (11.30-12.30), and evening (15.30-16.30). This research begins by collecting data and creating conceptual model using Activity Cycle Diagram (ACD). Analysis is also done by using Indonesian Highway Capacity Manual to analyze junction capacity and its degree of saturation.

Simulation and Indonesian Highway Capacity Manual results shows that vehicles waiting time and the degree of saturation of junction in the morning, afternoon, and evening are high which needs improvement recommendation to reduce vehicles waiting time. There are three improvement recommendations in this research like setting up stop line to reduce side barriers, implement one way policy for all type of vehicles at Simpang Akordion Street, and implement one way policy for some streets in Tunggulwulung junction. From all of improvement recommendation, the selected recommendation is improvement recommendation number 3 by setting up stop line and adjust one way policy in Akordion, Simpang Akordion, Saxophone, and Akordion Selatan Street or implementation of turn around policy for vehicles from Candi Panggung Barat which leads to Saxophone by passing Akordion Selatan Street. Based on simulation and calculation using Indonesian Highway Capacity Manual, that recommendation can reduce and minimize waiting time and also degree of saturation. For morning hours, waiting time at the Saxophone, Candi Panggung Barat, and Simpang Akordion Streets is reduced to 3.7 minutes; 42.8 seconds; and 2 minutes. For afternoon hours, waiting time at the Saxophone, Candi Panggung Barat, and Simpang Akordion is reduced to 15.84 seconds; 39.6 seconds; and 1.6 minutes. For evening hours, waiting time at the Saxophone, Candi Panggung Barat, and Simpang Akordion is reduced to 1.2 minutes; 23 seconds; and 5 minutes. There are no waiting time at the Akordion Selatan and Akordion in the improvement recommendation number 3 because that three streets have function as destination roads of vehicles that come from Saxophone, Candi Panggung Barat, and Simpang Akordion Street.

Keywords: ARENA, Simulation, Traffic Junction, Unsignalized Junction, Vehicles Waiting Time

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

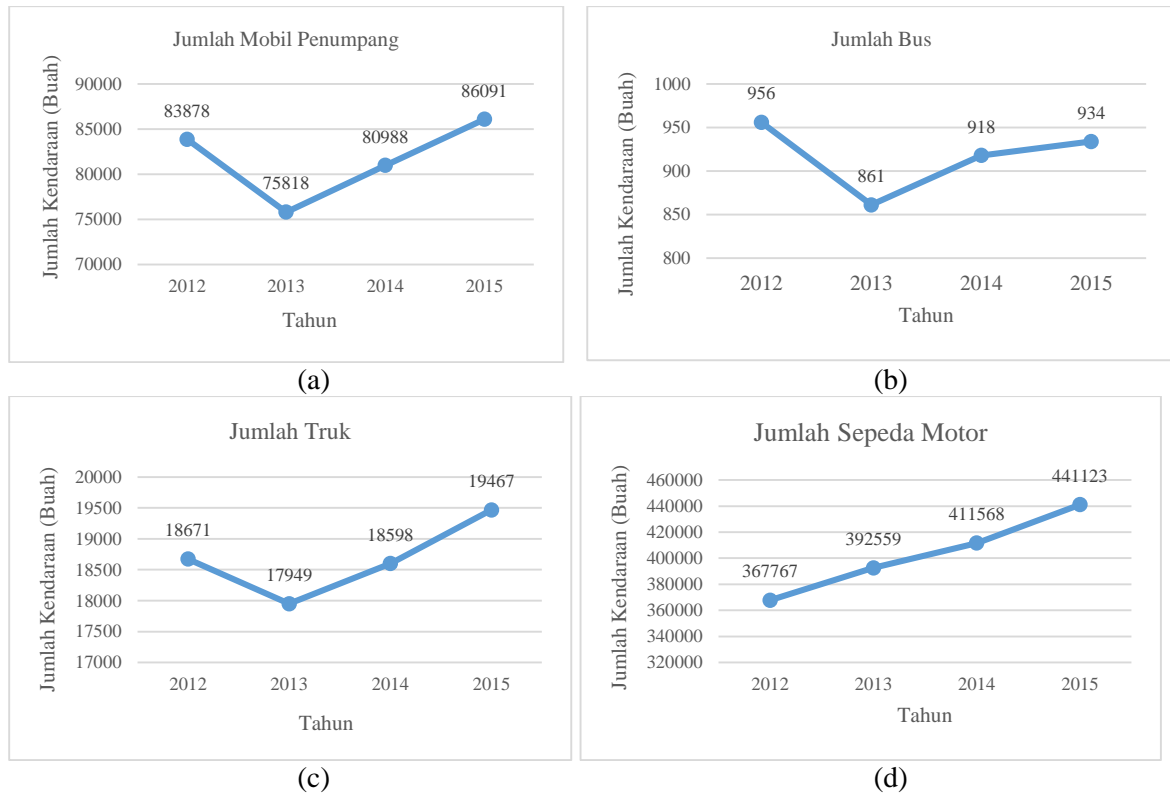
Dasar pelaksanaan penelitian perlu ditentukan terlebih dahulu sebelum melaksanakan penelitian. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan asumsi yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Transportasi atau pengangkutan merupakan suatu bidang kegiatan yang penting di dalam kehidupan masyarakat. Bertambahnya jumlah penduduk akan mempengaruhi jumlah alat transportasi yang digunakan sebagai akomodasi untuk mempermudah perpindahan/pergerakan manusia dari satu tempat ke tempat lain. Meningkatnya jumlah kendaraan sebagai sarana transportasi dapat menyebabkan salah satu masalah transportasi yaitu kemacetan.

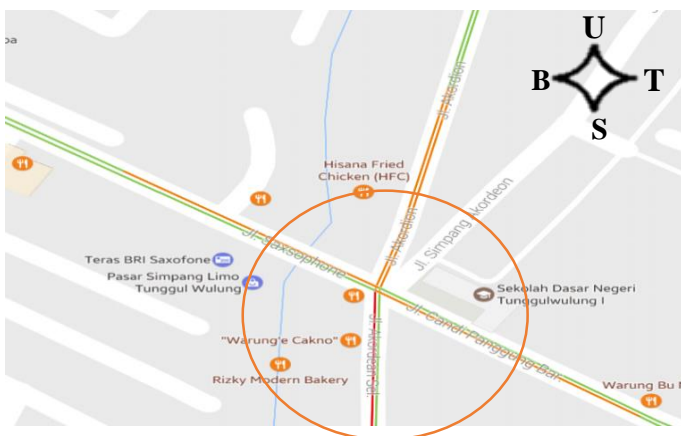
Kemacetan lalu lintas dapat memberikan dampak negatif seperti kerugian waktu, biaya, dan menimbulkan polusi dari asap knalpot kendaraan. Wilayah yang sering mengalami masalah kemacetan lalu lintas adalah kota besar yang memiliki jumlah penduduk yang banyak dan mobilitasnya tinggi sehingga perlu diimbangi dengan sistem lalu lintas yang baik untuk mengatasi masalah kemacetan dan ketidakteraturan mobilisasi kendaraan.

Kota Malang merupakan salah satu kota besar yang menarik banyak pendatang dari luar kota karena memiliki jumlah universitas negeri maupun swasta serta berbatasan dengan Kota Batu yang memiliki berbagai obyek wisata sehingga kendaraan bermotor yang masuk ke Malang semakin meningkat dan menimbulkan kemacetan di beberapa titik. Berdasarkan data dari Kantor Bersama Samsat Malang dalam situs Badan Pusat Statistik pada Gambar 1.1 dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan bermotor di Kota Malang pada tahun 2012 – 2015 mengalami peningkatan sehingga diperlukan sarana infrastruktur yang memadai untuk mengatasi penambahan jumlah kendaraan tersebut.



Gambar 1.1 Jumlah kendaraan di Kota Malang Tahun 2012-2015: (a) Jumlah mobil penumpang; (b) Jumlah bus; (c) Jumlah truk; (d) Jumlah sepeda motor
Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Malang (2016)

Kemacetan yang terjadi di jalur utama akan menimbulkan dampak pada jalur alternatif karena pengendara menganggap jalur alternatif adalah jalur tercepat untuk mencapai tempat tujuan dan dapat digunakan untuk menghindari macet. Salah satu jalur alternatif yang terkena dampak kemacetan adalah jalur alternatif ke Batu yang melewati persimpangan Tunggulwulung



Gambar 1.2 Lokasi persimpangan Tunggulwulung
Sumber: Google Maps (2017)

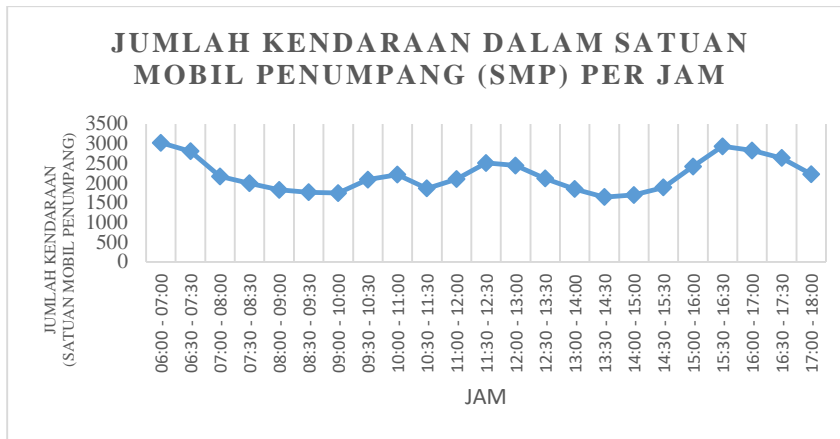
Persimpangan Tunggulwulung merupakan salah satu simpang tak bersinyal dan termasuk dalam jenis persimpangan kaki banyak karena terdiri atas 5 cabang jalan yaitu

Jalan Saxophone, Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion. Pada persimpangan tersebut terdapat bundaran sebagai rambu lalu lintas agar kendaraan yang melewati persimpangan tidak mengalami tumbukan ketika belok kanan dengan mengikuti arah bundaran ketika berjalan. Akan tetapi, saat ini bundaran tersebut sudah tidak berfungsi seperti seharusnya khususnya untuk kendaraan yang akan belok kanan. Kapasitas pada masing-masing lajur jalan di persimpangan tersebut hanya dapat dilalui oleh satu kendaraan.

Persimpangan yang terletak pada daerah Tunggulwulung, Malang ini memiliki potensi kemacetan karena letaknya yang strategis sebagai jalur alternatif menuju Batu, Tasikmadu, Dinoyo, dan Soekarno-Hatta. Selain digunakan sebagai alternatif jalan menuju daerah-daerah tersebut, persimpangan ini merupakan jalan menuju universitas dan sekolah seperti Universitas Muhammadiyah Malang (UMM), SD Negeri Tunggulwulung 1, SD Negeri Tunggulwulung 2, STIKES Maharani, dan SMK NMC.

Masalah kemacetan pada persimpangan adalah lamanya waktu tunggu yang dialami oleh kendaraan dan sistem lalu lintas yang belum terkendali secara optimal sehingga kendaraan perlu menunggu dalam rentang waktu yang lama. Persimpangan besar di Kota Malang, seperti persimpangan di daerah ITN, Raden Intan, Araya, dan beberapa jalan besar di Kota Malang sudah memiliki *Area Traffic Control System* (ATCS) dimana sistem lalu lintasnya sudah menggunakan jaringan *wireless* untuk mengubah durasi lampu lalu lintas sesuai dengan kondisi *real-time* secara otomatis. Akan tetapi tidak semua persimpangan di Kota Malang telah memiliki ATCS terutama pada persimpangan di jalur-jalur alternatif. Pada persimpangan di Tunggulwulung, belum terdapat sistem lampu lalu lintas baik manual maupun ATCS sehingga persimpangan tersebut hanya diatur oleh pengatur lalu lintas dan menyebabkan tidak terkendalinya kemacetan di persimpangan tersebut ketika jam puncak.

Data jumlah kendaraan yang melintasi masing-masing jalan pada persimpangan Tunggulwulung pada Gambar 1.3 yang telah diteliti pada pukul 06.00 hingga 18.00 menunjukkan bahwa jam puncak terjadi pada pagi hari terjadi pada pukul 06.00-07.00 WIB karena merupakan jam masyarakat berangkat kerja dan sekolah, siang hari pada pukul 11.30-12.30 WIB yang merupakan jam istirahat dan pulang sekolah, dan sore hari pada pukul 15.30-16.30 WIB yang merupakan jam pulang kerja maupun pulang sekolah. Menurut Jam puncak atau jam sibuk merupakan durasi periode satu jam dimana *volume* trafiknya memiliki nilai yang paling tinggi (Virtamo, 2008). Sehingga waktu dalam interval satu jam yang merupakan jam puncak pada Gambar 1.3 dipilih berdasarkan jumlah kendaraan yang tertinggi dalam horizon waktu pagi, siang, dan sore.



Gambar 1.3 Jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang (smp) per jam

Pada Tabel 1.1 diketahui bahwa setelah pergantian fase pada masing-masing jalan di persimpangan Tunggulwulung masih terdapat antrian kendaraan yang artinya kendaraan tersebut harus menunggu kembali pada fase berikutnya sehingga waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menunggu menjadi lebih lama. Penelitian tersebut dilakukan pada hari Senin pukul 06.30-06.40 WIB sebagai bentuk gambaran awal bagaimana kondisi antrian di persimpangan Tunggulwulung karena waktu tersebut merupakan waktu dimana siswa berangkat sekolah dan pekerja berangkat kerja serta merupakan salah satu jam puncak yang terjadi pada persimpangan Tunggulwulung.

Tabel 1.1

Rata-rata Kendaraan yang Menunggu Setiap Fase Selama 10 Menit

Asal Kendaraan	Rata-rata Jumlah Kendaraan Menunggu			Rata-rata Jumlah Kendaraan yang Masih Menunggu setelah Pergantian Fase		
	Sepeda Motor	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat	Sepeda Motor	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat
Jl. Saxophone	18	6	0	7	3	0
Jl. Akordion	16	2	0	2	1	0
Jl. Candi Panggung Barat	17	6	1	5	3	0
Jl. Akordion Selatan	15	4	0	3	1	0

Perhitungan pada Tabel 1.1 dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang masuk ke dalam sistem lalu lintas Tunggulwulung dan jumlah kendaraan yang berhasil keluar dari sistem tersebut menuju jalan yang dituju. Jumlah kendaraan yang menunggu di dalam sistem lalu lintas Tunggulwulung dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang masuk pada suatu jalan pada persimpangan sedangkan jumlah kendaraan yang masih menunggu setelah pergantian fase dihitung dari selisih jumlah kendaraan yang masuk menuju suatu jalan pada persimpangan dan jumlah kendaraan yang keluar dari jalan tersebut menuju ke jalan lain. Dari beberapa pergantian fase yang terjadi dalam 10 menit ditarik rata-rata jumlah

kendaraan yang menunggu dengan melakukan penjumlahan terhadap jumlah kendaraan masuk ke dalam sistem lalu lintas dan dibagi dengan jumlah fase yang terjadi pada setiap jalan. Sedangkan untuk rata-rata jumlah kendaraan yang masih menunggu atau tersisa setelah pergantian fase didapatkan dengan melakukan penjumlahan terhadap data jumlah kendaraan yang tersisa dalam sistem lalu lintas yang kemudian dibagi dengan banyaknya fase yang terjadi. Perhitungan tersebut terlampir pada Lampiran 1. Berdasarkan klasifikasi dari Bina Marga dalam MKJI, kendaraan dibagi menjadi 3 yaitu sepeda motor yang merupakan kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda, kendaraan ringan yaitu kendaraan bermotor dengan 4 roda, serta kendaraan berat yang merupakan kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda.

Selain itu, kondisi dari arus lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung dapat dilihat pada Gambar 1.4 yang merupakan foto kondisi lalu lintas dari arah Jalan Saxophone (a), Jalan Akordion (b), Jalan Candi Panggung Barat (c), dan Jalan Akordion Selatan (d).



Gambar 1.4 Kondisi lalu lintas persimpangan Tunggulwulung: (a) Kondisi lalu lintas dari jalan Saxophone, (b) Kondisi lalu lintas dari Jalan Akordion, (c) Kondisi lalu lintas dari Jalan Candi Panggung Barat, (d) Kondisi lalu lintas dari jalan Akordion Selatan

Untuk mengatasi kemacetan diperlukan evaluasi terhadap titik yang mengalami kemacetan. Saat ini pemerintah telah berusaha untuk memperbaiki arus lalu lintas pada jalur-

jalur utama di Kota Malang dan penelitian serta evaluasi yang telah dilakukan masih berfokus pada jalan besar di Kota Malang sedangkan jalur alternatif yang arusnya semakin lama semakin meningkat masih belum dilakukan evaluasi lebih lanjut. Arus lalu lintas yang terjadi pada persimpangan Tunggulwulung perlu diperbaiki karena seiring dengan berjalannya waktu, volume kendaraan yang melewati jalur alternatif ini akan semakin meningkat karena persimpangan ini merupakan persimpangan yang terletak pada jalur lintas kota/kabupaten sehingga dapat menjadi jalur kendaraan menuju ke lokasi yang memiliki pengunjung yang banyak seperti tempat-tempat wisata di Kota Batu, jalur untuk menuju ke sekolah maupun universitas seperti Universitas Muhammadiyah Malang dan Universitas Brawijaya, serta menjadi jalur kendaraan untuk menuju ke wilayah Karangploso. Untuk mengatasi masalah lalu lintas pada persimpangan tersebut maka diperlukan suatu rekayasa sistem untuk mengoptimalkan sistem lalu lintas pada persimpangan dengan melakukan simulasi agar dapat diperoleh waktu tunggu kendaraan yang paling minimum agar pengendara tidak menunggu terlalu lama pada persimpangan tersebut.

Menurut Kelton, Sadowski & Sadowski (2009), simulasi merupakan sekumpulan metode dan aplikasi yang digunakan untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata yang biasanya dilakukan pada komputer dengan perangkat lunak tertentu. Pendekatan simulasi dapat digunakan untuk merekayasa, menganalisa, serta memberikan alternatif solusi sebelum diterapkan di sistem nyata. Pada penelitian ini, sistem lalu lintas pada persimpangan akan disimulasikan dengan menggunakan *software* ARENA yang kemudian disertai dengan penyusunan skenario berdasarkan metode dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Manual Kapasitas Jalan Indonesia memuat fasilitas jalan perkotaan, semi perkotaan, jalan luar kota dan jalan bebas hambatan serta memuat pedoman teknik lalu lintas yang dapat digunakan sebagai saran untuk pengguna sehubungan dengan pemilihan tipe fasilitas jalan. Penerapan simulasi untuk arus lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung dengan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia diharapkan dapat digunakan untuk menentukan rekomendasi perbaikan dalam meminimasi waktu tunggu kendaraan pada persimpangan tersebut selama jam puncak.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, identifikasi masalah dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Jumlah kendaraan tertinggi dalam satuan mobil penumpang dalam interval waktu 1 jam pada persimpangan Tunggulwulung berdasarkan Gambar 1.3 adalah pada pagi hari

antara pukul 06.00-07.00 WIB, siang hari antara pukul 11.30-12.30 WIB, dan sore hari antara pukul 15.30-16.30 WIB sehingga menyebabkan pengendara menunggu dalam rentang waktu yang cukup lama.

2. Belum pernah dilakukan evaluasi untuk mengatasi kemacetan yang terjadi pada persimpangan Tunggulwulung.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah adalah:

1. Bagaimana kondisi waktu tunggu kendaraan pada persimpangan Tunggulwulung berdasarkan simulasi yang telah dibuat?
2. Bagaimana rekomendasi perbaikan terbaik berdasarkan hasil analisis dengan panduan MKJI dan simulasi untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan yang mengantri pada persimpangan Tunggulwulung?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Tidak membahas mengenai biaya.
2. Penelitian dilakukan hari Senin-Sabtu karena hari Minggu memiliki karakteristik yang berbeda.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak ada gangguan yang terjadi seperti adanya kecelakaan dan perubahan cuaca dalam pembuatan simulasi.
2. Data yang diteliti pada hari tertentu mewakili hari-hari lain selain hari penelitian dilakukan.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini berdasarkan rumusan masalah sebelumnya adalah:

1. Menganalisis kondisi antrian kendaraan dan waktu tunggu yang dibutuhkan kendaraan pada persimpangan Tunggulwulung berdasarkan simulasi yang telah dibuat.

2. Menentukan rekomendasi perbaikan terbaik untuk mengurangi waktu tunggu pada persimpangan Tunggulwulung.

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menentukan fase pergerakan kendaraan yang optimal pada persimpangan Tunggulwulung agar lalu lintas teratur.
2. Dapat memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengatasi kemacetan atau pengurangan antrian kendaraan di persimpangan Tunggulwulung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam pelaksanaan penelitian dibutuhkan beberapa teori atau referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan sebagai dasar dalam mengerjakan sebuah penelitian. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa teori atau literatur yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti yang berkaitan dengan penelitian ini dan menjelaskan perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian yang sudah ada lebih dahulu.

1. Salimifard dan Ansari (2013) melakukan penelitian terhadap lalu lintas bersinyal pada daerah perkotaan di Bushehr, Iran. Sistem lalu lintas yang diteliti merupakan perempatan yang berada di Jalan Emam, Bazargani, Bahunar, dan Helali dan menggunakan kebijakan tiga fase. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan arus lalu lintas pada persimpangan dengan mempertimbangkan panjang antrian kendaraan yang terendah melalui kontrol periode waktu lampu merah dan hijau dengan simulasi menggunakan *software* ARENA.
2. Kamrani, Abadi, dan Golroudbary (2014) melakukan penelitian pada dua persimpangan T yang berdekatan dimana persimpangan selama jam puncak dimana persimpangan tersebut termasuk dalam lalu lintas tak bersinyal. Penelitian ini dilakukan di Jalan Universiti, Skudai, Johor, Malaysia dan bertujuan untuk menganalisis dan memperbaiki *bottleneck* kendaraan yang terjadi pada persimpangan tersebut dengan menggunakan *software* ARENA.
3. Syahputra (2016) melakukan penelitian pada persimpangan di Jalan Bogor Veteran, Malang untuk merancang skenario guna mengatasi kemacetan dan mengurangi waktu tunggu antrian pada persimpangan tersebut dengan simulasi menggunakan *software* ARENA.
4. Nurhafidah (2016) melakukan penelitian pada persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang dengan melakukan rekayasa durasi lampu lalu lintas menggunakan

simulasi dengan bantuan *software* ARENA dan melakukan perhitungan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia).

Perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1

Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Topik Penelitian	Objek Penelitian	Metode
Salimifard dan Ansari (2013)	Peningkatkan arus lalu lintas pada persimpangan dengan mempertimbangkan panjang antrian kendaraan yang terendah melalui kontrol periode waktu lampu merah dan hijau	Perempatan di Jalan Emam, Bazargani, Bahonar, dan Helali (Bushehr, Iran)	Simulasi dengan ARENA
Kamrani, Abadi, dan Golroudbary (2014)	Analisis dan perbaikan <i>bottleneck</i> kendaraan yang terjadi pada persimpangan serta pemberian alternatif pemberian lampu lalu lintas	Jalan Universiti, Skudai, Johor, Malaysia	Simulasi dengan ARENA
Syahputra (2016)	Rekayasa arus lalu lintas dengan merancang skenario guna mengatasi kemacetan dan mengurangi waktu tunggu antrian pada persimpangan	Jalan Bogor Veteran, Malang	Simulasi dengan ARENA
Nurhafidah (2016)	Pengendalian lalu lintas dengan rekayasa durasi lampu lalu lintas dengan simulasi untuk meningkatkan <i>number out</i> dan mengurangi <i>waiting time</i> .	Jalan MT. Haryono, Jalan Gayana, Malang	Simulasi dengan ARENA
Penelitian yang Dilakukan	Analisis dan perbaikan arus lalu lintas pada persimpangan tak bersinyal untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan untuk mengendalikan kemacetan	Simpang Lima Tungulwulung, Malang	Simulasi dengan ARENA

2.2 Rekayasa Lalu Lintas

Lalu lintas pada saat ini telah berkembang dengan sangat pesat sejalan dengan perkembangan otomotif sebagai fasilitas pendukung dalam mobilitas manusia sehingga diperlukan pengembangan rekayasa lalu lintas. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun 2011, manajemen dan rekayasa lalu lintas meliputi kegiatan perencanaan, pengaturan, perekayasaan, pemberdayaan, dan pengawasan. Kegiatan perekayasaan merupakan kegiatan yang meliputi:

1. Perbaikan geometrik ruas jalan dan/atau persimpangan serta perlengkapan jalan yang tidak berkaitan langsung dengan pengguna jalan.

2. Pengadaan, pemasangan, perbaikan, dan pemeliharaan perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan.
3. Optimalisasi operasional rekayasa lalu lintas untuk meningkatkan ketertiban, kelancaran, dan efektivitas penegakan hukum.

Optimalisasi operasional rekayasa lalu lintas dilakukan dalam situasi perubahan lalu lintas secara tiba-tiba atau situasional, alat pemberi isyarat lalu lintas tidak berfungsi, adanya pengguna jalan yang diprioritaskan, adanya pekerjaan jalan, kerusakan infrastruktur, adanya kecelakaan lalu lintas, adanya bencana alam, adanya konflik sosial, dan/atau adanya peristiwa terorisme. Pelaksanaan optimalisasi operasional rekayasa lalu lintas dapat dilakukan melalui pengaturan arus lalu lintas di ruas jalan, pengaturan arus lalu lintas di persimpangan, penertiban lajur jalan, dan/atau penertiban hambatan samping.

2.3 Persimpangan

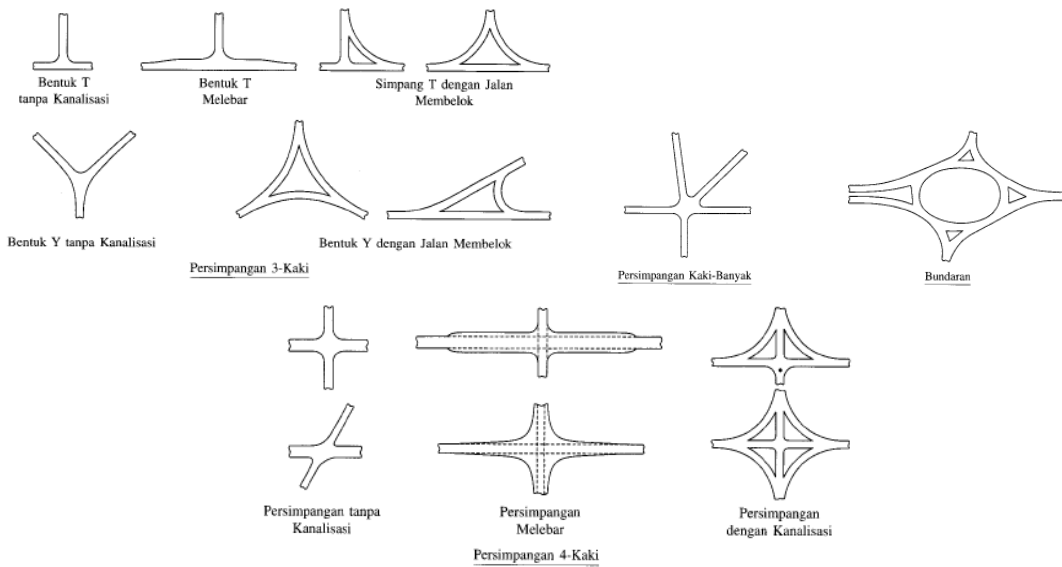
Persimpangan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (AASHTO, 2001). Definisi persimpangan menurut Tamin (2008) diartikan sebagai suatu ruang atau tempat pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan yang bertemu atau bersilangan. Persimpangan merupakan jalan yang memiliki banyak masalah lalu lintas karena pada persimpangan terjadi pertemuan kendaraan dari berbagai arah sehingga diperlukan

2.3.1 Jenis-jenis Persimpangan

Jenis-jenis persimpangan berdasarkan perencanaan meliputi pertemuan/persimpangan jalan sebidang dan pertemuan/persimpangan jalan tidak sebidang (simpang susun).

1. Pertemuan/persimpangan jalan sebidang

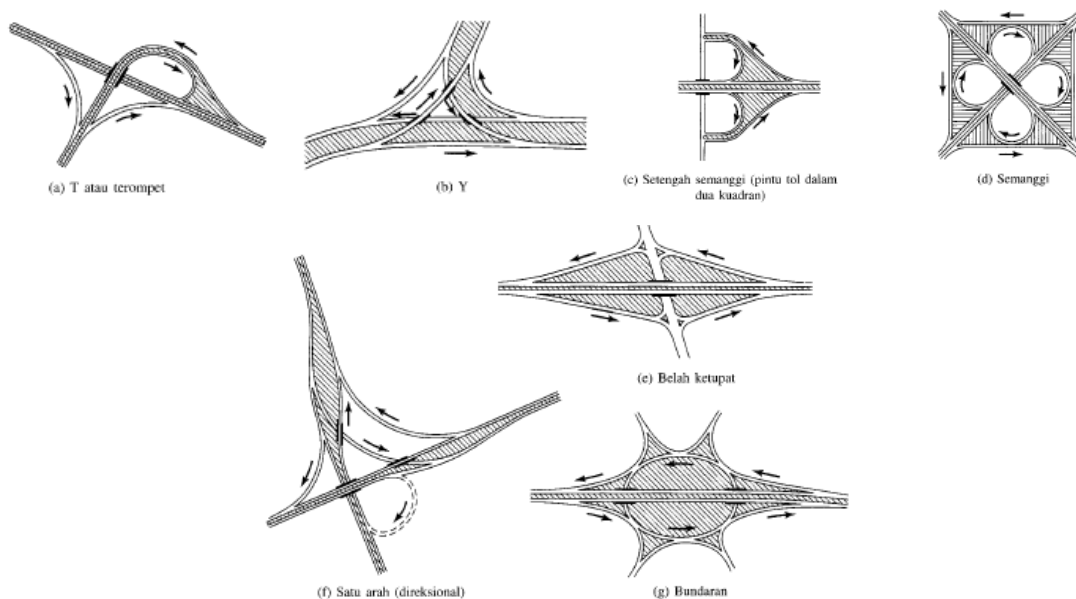
Pertemuan/persimpangan jalan sebidang merupakan pertemuan dua ruas jalan atau lebih secara sebidang dan tidak saling bersusun yang direncanakan dengan tujuan untuk mengalirkan atau melewatkan lalu lintas dengan lancar serta untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan/pelanggaran. Persimpangan jalan sebidang pada umumnya terdiri atas 4 macam yaitu bercabang 3, bercabang 4, bercabang banyak, dan bundaran (*rotary intersection*).



Gambar 2.1 Jenis-jenis persimpangan sebidang
Sumber: Khisty & Lall (2003)

2. Pertemuan/persimpangan tidak sebidang (*interchange*)

Pertemuan/persimpangan tidak sebidang merupakan persimpangan dimana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada di atas atau di bawah ruas jalan yang lain.



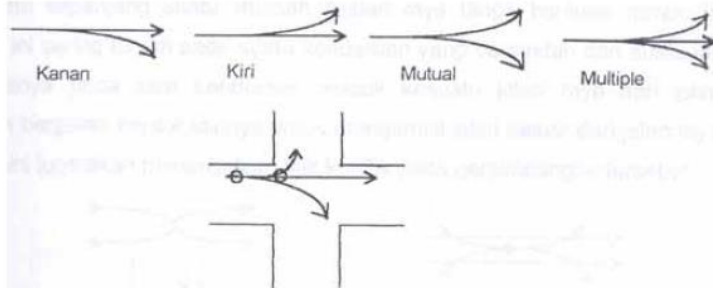
Gambar 2.2 Jenis-jenis *interchange*
Sumber: Khisty & Lall (2003)

2.3.2 Konflik Persimpangan

Beberapa jenis pergerakan arus lalu lintas yang menggunakan ruang persimpangan dapat menimbulkan titik-titik konflik di persimpangan tersebut.

1. *Diverging* (Gerakan Memisah)

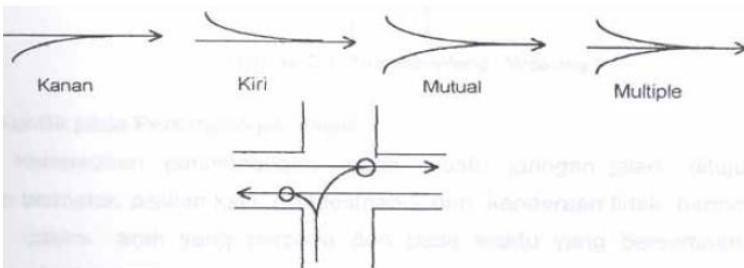
Diverging merupakan peristiwa berpisah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan ketika kendaraan tersebut sampai ke titik persimpangan dan dapat terjadi ketika kendaraan melakukan gerakan membelok atau berganti jalur.



Gambar 2.3 *Diverging*
Sumber: Harianto (2004)

2. *Merging* (Gerakan Bergabung)

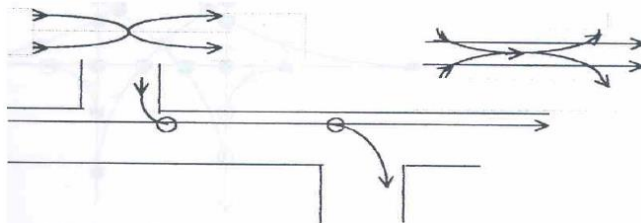
Merging merupakan peristiwa bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika bergabung pada titik persimpangan dan saat kendaraan melakukan gerakan membelok dan bergabung.



Gambar 2.4 *Merging*
Sumber: Harianto (2004)

3. *Weaving* (Bersilangan)

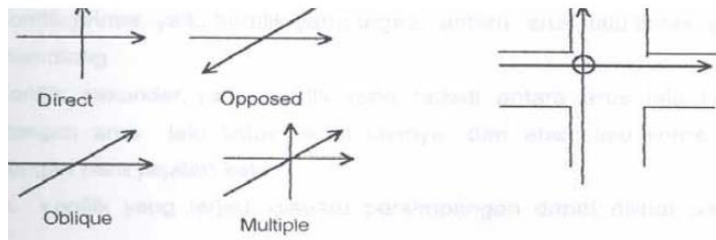
Weaving merupakan peristiwa terjadinya perpindahan jalur atau jalinan arus kendaraan menuju pendekatan lain dan merupakan perpaduan dari gerakan *diverging* dan *merging*.



Gambar 2.5 *Weaving*
Sumber: Harianto (2004)

4. *Crossing* (Berpotongan)

Crossing merupakan peristiwa berpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan dan biasanya menimbulkan titik konflik persimpangan.



Gambar 2.6 Crossing

Sumber: Harianto (2004)

Adanya persimpangan ditujukan agar kendaraan bermotor, pejalan kaki, dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak ke arah yang berbeda dengan waktu yang sama sehingga akan terjadi suatu konflik yang berulang sebagai akibat dari pergerakan tersebut. Berdasarkan sifatnya, konflik dibagi menjadi dua yaitu:

1. Konflik Primer

Konflik primer merupakan konflik antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari ruas jalan yang saling berpotongan dan termasuk konflik dengan pejalan kaki.

2. Konflik Sekunder

Konflik sekunder merupakan konflik yang terjadi antara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya dan atau lalu lintas belok kiri dengan para pejalan kaki.

2.3.3 Pengaturan Persimpangan

Persimpangan dapat menimbulkan konflik dari gerakan yang terjadi serta dapat menimbulkan kemacetan sehingga diperlukan pengaturan persimpangan. Tujuan dari pengaturan persimpangan adalah:

1. Untuk mengurangi kecelakaan
2. Untuk meningkatkan kapasitas
3. Meminimumkan tundaan

Pengaturan persimpangan berdasarkan tingkatan arus dapat dilakukan dengan:

1. Pengaturan dengan pemberian kesempatan jalan
2. Menggunakan rambu *yield*
3. Menggunakan rambu *stop*
4. Kanalisasi simpang
5. Menggunakan bundaran (*roundbound*)
6. Pembatasan belok dengan mengatur larangan belok kiri atau larangan belok kanan
7. Menggunakan lampu lalu lintas
8. Menggunakan persimpangan tidak sebidang

2.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu sehingga dalam volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar. Berdasarkan MKJI (1997), kapasitas dasar volume kendaraan adalah 2900 smp/jam yang merupakan penentu diperlukan atau tidaknya pemasangan lampu lalu lintas di suatu persimpangan.

2.5 Teori Antrian

Menurut Heizer dan Render (2006) antrian merupakan ilmu pengetahuan tentang bentuk antrian dan merupakan orang-orang atau barang dalam barisan yang sedang menunggu untuk dilayani atau meliputi bagaimana perusahaan dapat menentukan waktu dan fasilitas yang sebaik-baiknya agar dapat melayani pelanggan dengan efisien. Sistem antrian dapat diartikan sebagai kedatangan pelanggan untuk suatu pelayanan, menunggu untuk pelayanan dan meninggalkan sistem setelah mendapat pelayanan.

2.5.1 Disiplin Antrian

Terdapat beberapa macam disiplin antrian yang biasa ditemui. Menurut Heizer dan Render (2006) ada 4 bentuk prioritas pelayanan antrian yang biasa digunakan, yaitu:

1. *First Come First Served (FCFS)*

First Come First Served yaitu pelanggan dilayani berdasarkan urutan kedatangan dimana pelanggan yang mengantri lebih dulu akan dilayani lebih dulu. Contohnya adalah antrian kendaraan ketika membayar tiket tol, sistem antrian pada bank dan SPBU.

2. *Last Come First Served (LCFS)*

Last Come First Served yaitu pelanggan yang datang paling akhir akan dilayani terlebih dahulu. Contohnya adalah sistem antrian pada elevator untuk lantai yang sama dan sistem bongkar muat barang dalam truk kontainer.

3. *Service In Random Order (SIRO)*

Service In Random Order memiliki arti pelayanan yang dilakukan secara acak sehingga tidak menjadi permasalahan siapa yang lebih dahulu datang. Contoh dari disiplin antrian ini adalah antrian kendaraan yang keluar dari lahan parkir dimana yang pertama masuk ke lahan parkir belum tentu yang pertama keluar atau yang terakhir keluar.

4. *Priority Service*

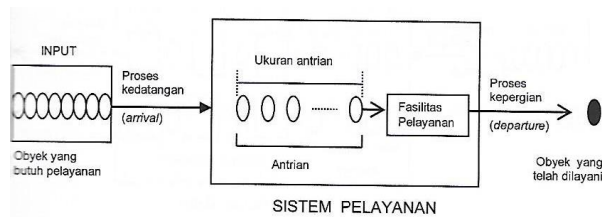
Priority Service merupakan disiplin antrian yang prioritas pelayanannya diberikan kepada pelanggan yang memiliki prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah sehingga pelayanan awal diberikan kepada pelanggan yang paling diprioritaskan. Contohnya adalah tamu VIP tidak perlu melewati antrian untuk mendapatkan pelayanan dan seseorang yang memiliki penyakit lebih kritis di suatu rumah sakit akan dilayani terlebih dahulu.

2.5.2 Struktur Model Antrian (Desain Fasilitas Pelayanan)

Terdapat 4 model struktur antrian yang umumnya terjadi pada suatu sistem antrian.

1. *Single Channel – Single Phase*

Single channel artinya hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan sedangkan *single phase* hanya ada satu fasilitas pelayanan. Contohnya adalah sebuah kantor pos yang hanya memiliki satu loket dengan satu jalur antrian.

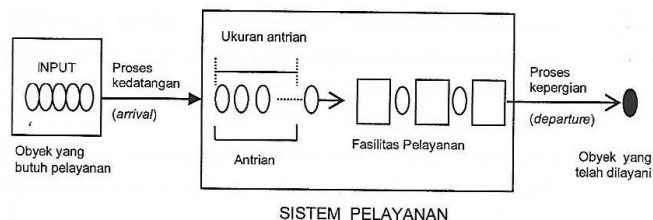


Gambar 2.7 Struktur model antrian *single channel – single phase*

Sumber: Surachman dan Astuti (2015)

2. *Single Channel – Multiple Phase (Seri)*

Struktur model antrian seri merupakan sistem antrian jalur tunggal dengan tahapan berganda atau menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Contohnya adalah pada sistem pencucian mobil dimana antriannya hanya ada satu jalur tetapi pelayanan yang diberikan lebih dari satu.

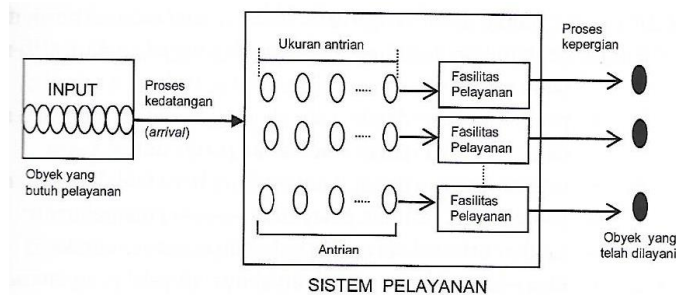


Gambar 2.8 Struktur model antrian *single channel – multiple phase*

Sumber: Surachman dan Astuti (2015)

3. *Multiple Channel – Single Phase (Paralel)*

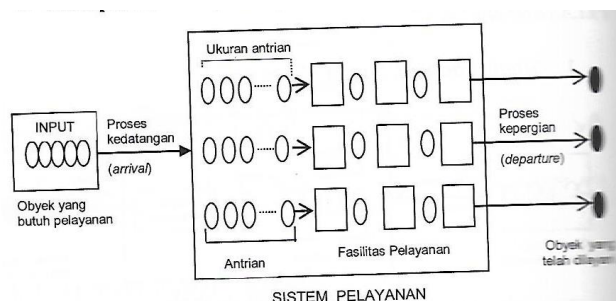
Struktur model antrian *multiple channel – single phase* terjadi dimana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Contohnya adalah pembelian tiket kereta yang dilayani oleh beberapa loket dan pembayaran yang dilayani oleh beberapa kasir.



Gambar 2.9 Struktur model antrian *multiple channel – single phase*
Sumber: Surachman dan Astuti (2015)

4. *Multiple Channel – Multiple Phase (Gabungan)*

Struktur model antrian gabungan menunjukkan bahwa setiap sistem mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap sehingga terdapat lebih dari satu pelanggan yang dapat dilayani pada waktu yang bersamaan. Contohnya adalah pelayanan pada pasien rumah sakit yang terdiri atas beberapa pelayanan seperti pendaftaran, diagnosa, tindakan medis, dan pembayaran yang jumlah antriannya lebih dari satu.



Gambar 2.10 Struktur model antrian *multiple channel – multiple phase*
Sumber: Surachman dan Astuti (2015)

2.6 Sistem, Model dan Simulasi

Untuk mengetahui perilaku sistem nyata yang kompleks diperlukan pembuatan model dan untuk merepresentasikan model dari suatu sistem maka model perlu diwujudkan dalam pemrograman komputer yang disebut simulasi.

2.6.1 Sistem

Pengertian dari sistem menurut O'Brien dan Marakas (2011) adalah sekumpulan komponen yang saling terkait dengan batasan yang jelas, serta bekerja sama untuk mencapai

suatu tujuan dengan menerima *input* dan menghasilkan *output* dalam proses transformasi yang terorganisir.

Berbagai sistem dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu sistem diskrit dan sistem kontinu. Sistem diskrit adalah sistem yang variabel-variabel statusnya berubah berdasarkan titik-titik waktu yang terpisah seperti pada pelayanan antrian bank dimana variabel status seperti banyak nasabah yang berubah seiring dengan kedatangan nasabah dan nasabah yang selesai dilayani yang kemudian meninggalkan sistem. Sedangkan sistem kontinu merupakan sistem yang variabel statusnya berubah secara terus menerus sepanjang waktu seperti kecepatan yang berubah-ubah pada sistem pergerakan mobil.

2.6.2 Model

Model merupakan representasi dari suatu sistem nyata dan dalam melakukan pemodelan dibutuhkan pengetahuan mengenai sistem yang akan dimodelkan, serta kemampuan pemodel dalam mengoperasikan *software* yang digunakan (Harrel, Ghosh & Bowden, 2004). Model dapat menunjukkan bagaimana suatu operasi bekerja dan merangsang untuk berpikir bagaimana meningkatkan atau memperbaikinya.

Model dapat diklasifikasikan menjadi matematis atau fisik dimana model matematis menggunakan simbol notasi dan persamaan matematis untuk merepresentasikan sistem sedangkan model fisik menggunakan benda nyata berbentuk fisik untuk merepresentasikan suatu sistem. Menurut Banks, *et al.* (2004) model dapat diklasifikasikan lebih lanjut lagi menjadi model statis atau dinamis, deterministik atau stokastik, dan diskrit atau kontinu.

1. Model Statis atau Model Dinamis

Model simulasi yang statis terkadang sering disebut simulasi Monte Carlo, menggambarkan sistem pada titik waktu tertentu sedangkan model dinamis menggambarkan perubahan sistem seiring berjalannya waktu.

2. Model Deterministik atau Model Stokastik

Model deterministic merupakan model simulasi yang tidak mengandung variabel acak dan memiliki beberapa *input* yang telah diketahui yang akan menghasilkan beberapa *output* khusus. Model stokastik memiliki satu atau lebih variabel acak sebagai *input* yang akan menghasilkan *output* yang acak juga sehingga model stokastik dianggap hanya sebagai estimasi dari karakteristik yang benar dari suatu model.

3. Model Diskrit dan Model Kontinu

Model diskrit merupakan model sistem yang memiliki sifat diskrit dimana model mengalami perubahan secara diskrit seiring berjalannya waktu sedangkan model

kontinu merupakan model sistem yang bersifat kontinu dimana keadaannya berubah secara kontinu seiring berjalannya waktu.

2.6.3 Simulasi

Simulasi merupakan imitasi atau tiruan dari suatu operasi pada proses dunia nyata atau sistem kerja. Simulasi dapat digunakan untuk beberapa tujuan seperti mempelajari dan bereksperimen dengan interaksi internal pada sistem atau subsistem yang kompleks, mengetahui efek dari perubahan perilaku suatu sistem, memberikan saran perbaikan atau pengembangan suatu sistem, untuk memperkuat metodologi solusi analisis, untuk bereksperimen dengan desain atau kebijakan yang baru sebelum diimplementasikan, dan untuk menverifikasi solusi analitis. Terdapat berbagai macam bagian pada model simulasi seperti:

1. Entitas, merupakan segala sesuatu yang dapat diproses. Entitas yang berperan sebagai ‘pemain’ dapat bergerak, merubah status, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh entitas lain serta dapat mempengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem.
2. Atribut, merupakan karakteristik yang dimiliki oleh entitas dan membawa nilai tertentu untuk setiap entitas yang bersifat mengikat.
3. Variabel, merupakan bagian informasi yang menggambarkan beberapa karakteristik dari suatu sistem dan tidak mengikat suatu entitas tetapi mengikat sistem secara keseluruhan.
4. *Resource*, merupakan sesuatu yang memproses entitas dan ditunjukkan sebagai operator, peralatan, atau ruangan penyimpanan yang terbatas.
5. Antrian, suatu kejadian dimana entitas tidak bergerak yang bisa dimungkinkan karena *resource* menahan suatu entitas sehingga entitas yang lain harus menunggu.
6. *Event* (kejadian), merupakan sesuatu yang terjadi saat waktu simulasi yang memungkinkan terjadi perubahan pada atribut, variabel, atau akumulator statistik.
7. *Simulation clock*, merupakan nilai waktu pada simulasi yang terdapat pada variabel.

Menurut Banks, et al. (2004), simulasi sistem diskrit merupakan pemodelan sistem yang keadaan variabelnya berubah secara diskrit pada suatu titik waktu. Langkah-langkah dalam melakukan pemodelan simulasi sistem diskrit adalah sebagai berikut.

1. Memformulasikan masalah, diperoleh dari pengamatan pendahuluan terhadap suatu studi kasus.
2. Menentukan tujuan dan telah menentukan bahwa simulasi tepat bila digunakan untuk menyelesaikan masalah.

3. Membuat model konseptual, merupakan tahap awal dari pemodelan sistem karena berhubungan dengan bagaimana pemodel menerjemahkan sistem nyata ke dalam model.
4. Mengumpulkan data
5. Menerjemahkan model, yaitu menerjemahkan model konseptual dari sistem nyata ke dalam *software* simulasi.
6. Verifikasi untuk memastikan bahwa program dapat berjalan dengan baik sesuai dengan model konseptual dan model yang sudah ada sebelumnya.
7. Validasi, dilakukan dengan cara mencocokkan model yang dibuat dengan sistem nyata.
8. Desain eksperimen untuk menentukan rancangan eksperimen yang akan dilakukan terhadap model simulasi.
9. *Run* produksi dan analisis yaitu dengan melakukan *run* produksi pada model hingga mendapatkan estimasi ukuran performansi model untuk dibandingkan dengan performansi sistem nyata.
10. Replikasi *run* untuk menentukan jumlah replikasi yang cukup.
11. Dokumentasi hasil simulasi yang dilakukan dalam bentuk *report*.
12. Implementasi hasil simulasi yang terbaik terhadap sistem nyata.

2.7 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk menentukan besar sampel yang dibutuhkan atau digunakan untuk menentukan apakah data yang telah diambil oleh peneliti telah cukup atau tidak. Uji ini dilakukan dengan konsep statistik yaitu derajat keyakinan/kepercayaan. Rumus uji kecukupan data yang digunakan adalah:

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \quad (2-1)$$

Sumber: Wignjosoebroto (2008:184)

Keterangan:

N' = jumlah data yang dibutuhkan

N = jumlah pengamatan yang dilakukan

X_i = data pengukuran

i = data ke-1, 2, 3,, n

s = tingkat ketelitian yang digunakan





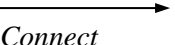

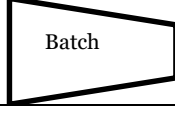
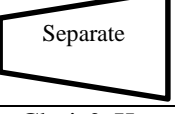
k = tingkat kepercayaan (90% *confidence level*, $k=1$; 95% *confidence level*, $k=2$; 99% *confidence level*, $k=3$)

Apabila $N' < N$ maka data dapat dinyatakan cukup tetapi apabila $N' > N$, maka data dinyatakan tidak cukup dan perlu dilakukan penambahan data pengamatan agar data yang diperoleh dapat memberikan tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian yang diharapkan.

2.8 Activity Cycle Diagram (ACD)

Activity Cycle Diagram (ACD) adalah bahasa grafik/gambar yang memodelkan sistem dengan menunjukkan hubungan interaksi antar elemen dengan perubahan secara diskrit terhadap waktu. Entitas yang terdapat pada ACD ada dua, yaitu permanen dan sementara. Sedangkan aktivitas pada ACD ada dua, pasif dan aktif. Simbol-simbol yang dipergunakan pada ACD adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2
Simbol-Simbol dalam ACD

No	Simbol	Deskripsi
1		Merepresentasikan menciptakan (<i>create</i>) atau membangkitkan (<i>generate</i>) entitas.
2		Merepresentasikan membuang (<i>dispose</i>) atau memberhentikan (<i>terminate</i>) entitas.
3		Merepresentasikan aktivitas pasif.
4		Merepresentasikan aktivitas aktif
5		Merepresentasikan relasi urutan antar node yang menunjukkan bahwa status/aktivitas pendahulu berubah/berlanjut menjadi status/aktivitas berikutnya
6		Merepresentasikan kondisi (<i>condition</i>) pilihan dua alternatif kemungkinan yang perlu diputuskan (<i>decide</i>)
7		Merepresentasikan aktivitas aktif yang melibatkan dua entitas (atau lebih) dan bertransformasi menjadi satu entitas (lain)
8		Merepresentasikan aktivitas aktif yang mentransformasikan satu entitas menjadi dua entitas (atau lebih)

Sumber: Choi & Kang (2013)

2.9 ARENA Simulation Software



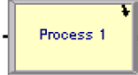


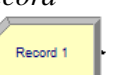

ARENA merupakan kombinasi antara kemudahan pemakaian yang dimiliki *high level program* dan fleksibilitas/kelenturan yang menjadi ciri *general purposes simulation language* (Kelton, 2003). ARENA termasuk dalam kategori *high level simulation* karena memiliki sifat yang sangat interaktif. Selain itu, ARENA juga memiliki ciri *general purpose simulation language* dimana pengguna dapat membangun model, *templates*, bahkan membuat sendiri modul jika diperlukan dengan menggunakan bantuan program.




2.9.1 Modul pada Software ARENA

Modul-modul yang digunakan pada ARENA 14.0 dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 2.3

Modul-modul ARENA

No	Nama Module	Deskripsi
Basic Process		
1	Create 	Modul ini digunakan sebagai titik awal untuk entitas dalam model simulasi. Modul ini digunakan untuk men- <i>generate</i> kedatangan entitas ke dalam simulasi
2.	Dispose 	Modul ini digunakan sebagai titik akhir untuk entitas dalam model simulasi dan mengeluarkan entitas dari <i>system</i> .
3.	Process 	Modul ini dimaksudkan sebagai metode pengolahan utama dalam simulasi. Pilihan untuk menangkap dan melepaskan keterbatasan sumber daya yang tersedia. Selain itu, ada pilihan untuk menggunakan 'submodel' dan menentukan logika yang ditetapkan pengguna hirarkis. Waktu proses dialokasikan untuk entitas dan dapat dianggap sebagai nilai tambah, <i>non-nilai tambah</i> , transfer, menunggu, atau lainnya. Biaya yang terkait akan ditambahkan ke kategori yang sesuai.
4.	Decide 	Modul ini digunakan untuk menentukan keputusan dalam proses, didalamnya termasuk beberapa pilihan untuk membuat keputusan berdasarkan satu atau beberapa pilihan.
5.	Assign 	Modul ini digunakan untuk menetapkan nilai-nilai baru untuk variabel, atribut entitas, jenis entitas, gambar badan, atau variabel sistem lainnya.
6.	Record 	Modul <i>record</i> digunakan untuk memunculkan data statistik pada model simulasi, <i>type</i> data statistik yang dapat dimunculkan seperti waktu antar kedatangan.
7.	Advanced Set Module  Advanced Set	<i>Advanced Set Module</i> menentukan set antrian, set <i>storage</i> , dan set-set yang lain, dan masing-masing bagiannya. Contoh: berbagai pintu keluar di toko (antrian).

No	Nama Module	Deskripsi
8.	<i>Expression Module</i>  Expression	<i>Expression Module</i> adalah ekspresi dan nilai-nilai yang berhubungan. Contoh: <i>Expression</i> kompleks untuk waktu pesanan.
Advanced Process		
9.	<i>Hold</i>  Hold 1	Modul <i>hold</i> akan menahan entitas dalam antrian untuk menunggu sinyal atau menunggu pada kondisi tertentu.
Advanced Transfer		
10.	<i>Route</i>  Route 1	Modul <i>route</i> digunakan untuk membuat <i>route</i> antar stasiun. <i>Route</i> dapat digunakan antara lain ketika membuat waktu transfer dari satu stasiun ke stasiun lainnya. Modul ini juga digunakan untuk menentukan arah pergerakan dari <i>entity</i> dalam <i>Station</i> tanpa menggunakan alat bantu seperti <i>forklift</i> , <i>conveyor</i> dan sebagainya.

Sumber: Rockwell Software Inc. (2005)

2.9.2 Input Analyzer

Pada ARENA terdapat suatu *tools* yang digunakan untuk menentukan fungsi distribusi probabilitas dari data *input* yang disebut *Input Analyzer*. Selain itu, *input analyzer* juga dapat digunakan untuk mencocokkan fungsi spesifik dari distribusi data *file* dan membandingkan fungsi distribusi atau untuk menampilkan efek dari perubahan parameter untuk distribusi yang sama. Data yang akan dimasukkan dalam *input analyzer* harus disimpan terlebih dahulu dalam *Notepad* dengan format *.txt* karena *Input Analyzer* ARENA hanya dapat membaca masukan dari format *.txt*. *Input analyzer* menampilkan *input* data acak tersebut yang kemudian dapat dianalisis menggunakan fitur perangkat lunak *fitting distribution* untuk mencari bentuk distribusi yang cocok menggambarkan data tersebut.

2.9.3 Process Analyzer

Tools lain yang terdapat pada *software* ARENA adalah *process analyzer* yang berfungsi untuk membantu dalam mengevaluasi alternatif yang disajikan oleh eksekusi model simulasi skenario yang berbeda sehingga berguna untuk pengembangan model simulasi, serta pembuatan keputusan dimana tidak dikenal dengan model, namun akrab disebut dengan menangani solusi model simulasi. Biasanya *process analyzer* untuk menentukan skenario mana yang cocok sehingga bisa mendapatkan *response* yang sesuai tujuan.

2.10 Penentuan Jumlah Replikasi

Penentuan replikasi dilakukan dengan melihat nilai *half width* dari *output* sistem yang menjadi performansi sistem tersebut. Pada Arena, tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Nilai *half width* dapat diketahui dengan melihat hasil *output* pada ARENA setelah simulasi dijalankan. Selain itu, nilai *half width* juga dapat dihitung berdasarkan data hasil simulasi dengan persamaan 2-1.

$$\text{Half width data simulasi} = \frac{(t_{n-1, \alpha/2}) \times s}{\sqrt{n}} \quad (2-2)$$

Sumber: Harrel, Gosh, & Bowden (2004:526)

Keterangan:

α (tingkat signifikansi) = 0.05

s = standar deviasi

n = jumlah replikasi awal

Untuk menentukan jumlah replikasi dengan nilai *error* yang diinginkan dapat menggunakan persamaan 2-3 berikut.

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right]^2 \quad (2-3)$$

Sumber: Harrel, Gosh, & Bowden (2004:526)

Keterangan:

n' = jumlah replikasi yang dibutuhkan

α = tingkat signifikansi

e = *half width* atau *error* yang diinginkan

2.11 Verifikasi dan Validasi Model

Model simulasi yang dibangun harus kredibel. Representasi kredibel sistem nyata oleh model simulasi ditunjukkan oleh verifikasi dan validasi model.

2.11.1 Verifikasi

Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model (program komputer) sesuai dengan logika diagram alur. Menurut Banks (2004), verifikasi adalah pemeriksaan apakah program komputer simulasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan, dengan pemeriksaan program komputer. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar.

Verifikasi dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti:

1. Membandingkan pemodelan sistem dengan *software* dengan model konseptual yang telah dibuat misalnya membandingkan sistem yang telah dimodelkan dengan menggunakan ARENA dengan *Activity Cycle Diagram*.
2. Melakukan pengecekan satuan waktu yang digunakan pada proses maupun *delay*.
3. Melakukan *compile error* untuk mendeteksi apakah terdapat kesalahan terhadap model simulasi yang telah dibuat.
4. Melakukan pengecekan animasi apakah animasi pada model simulasi telah bergerak sesuai dengan model yang dikonsep sebelumnya.

2.11.2 Validasi

Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata dan validasi juga dapat diartikan sebagai penentu apakah mode konseptual simulasi (sebagai tandingan program komputer) adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan.

2.12 Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Manual Kapasitas Jalan Indonesia merupakan pedoman yang memuat mengenai fasilitas jalan pada perkotaan, semi perkotaan, jalan luar kota, dan jalan bebas hambatan. Jenis fasilitas lalu lintas yang terdapat pada manual ini adalah simpang bersinyal, simpang tak bersinyal, bagian jalinan, jalan perkotaan, jalan luar kota, dan jalan bebas hambatan. MKJI memuat panduan rekayasa lalu lintas yang dapat digunakan sebagai saran untuk pengguna dalam pemilihan tipe fasilitas dan rencana sebelum memulai prosedur perhitungan untuk menemukan perilaku lalu lintasnya. MKJI juga dapat digunakan untuk menganalisa rute jalan di suatu kawasan perkotaan sesuai dengan tipe fasilitas lalu lintasnya.

MKJI dapat diterapkan sebagai sarana dalam perancangan, perencanaan, dan analisa operasional fasilitas lalu lintas. Manual digunakan agar pengguna dapat memperkirakan perilaku lalu lintas pada kondisi lalu lintas, geometrik dan keadaan lingkungan tertentu.

2.12.1 Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal

Analisis ini memperkirakan pengaruh terhadap kapasitas dan ukuran-ukuran yang berkaitan akibat geometri, lingkungan, dan kebutuhan lalu lintas.

1. Kapasitas

Kapasitas total persimpangan adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar yang merupakan kapasitas pada kondisi tertentu dan faktor-faktor penyesuaian dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas.

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \quad (2-4)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

Keterangan:

C = kapasitas

C_0 = kapasitas dasar

F_W = lebar rata-rata pendekat

F_M = tipe median jalan utama

F_{CS} = kelas ukuran kota

F_{RSU} = rasio kendaraan tak bermotor

F_{LT} = rasio belok kiri

F_{RT} = rasio belok kanan

F_{MI} = rasio arus jalan minor

2. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan untuk seluruh simpang dapat dihitung sebagai berikut.

$$DS = Q_{TOT} / C \quad (2-5)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

Keterangan:

DS = derajat kejenuhan

Q_{TOT} = arus total (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

3. Tundaan

Tundaan pada simpang dapat terjadi karena 2 hal yaitu:

- Tundaan lalu lintas (DT) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam simpang.
- Tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu.

Tundaan lalu lintas seluruh simpang (DT), jalan minor (DT_{MI}) dan jalan utama (DT_{MA}) ditentukan dari kurva tundaan empiris dengan menggunakan derajat kejenuhan sebagai variabel bebas. Tundaan geometrik (DG) dapat dihitung dengan rumus:

- a. Untuk $DS < 1.0$:

$$DG = (1-DS) \times (p_T \times 6 + (1-p_T) \times 3) + DS \times 4 \text{ (det/smp)} \quad (2-6)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

- b. Untuk $DS \geq 1.0$: $DG = 4$

dimana:

DS = derajat kejenuhan

P_T = rasio arus belok terhadap arus total

6 = tundaan geometrik normal untuk kendaraan yang tak tertanggung (det/smp)

4 = tundaan geometrik normal untuk kendaraan yang terganggu (det/smp)

Tundaan lalu lintas (simpang tak bersinyal, simpang bersinyal, dan bundaran) dalam manual adalah berdasarkan asumsi sebagai berikut:

- Kecepatan referensi 40 km/jam
- Kecepatan belok kendaraan tak berhenti 10 km/jam
- Tingkat percepatan dan perlambatan 1.5 m/det²
- Kendaraan berhenti mengurangi kecepatan untuk menghindari tundaan perlambatan sehingga hanya menimbulkan tundaan percepatan.

2.12.2 Prosedur Perhitungan Kinerja Simpang Tak Bersinyal

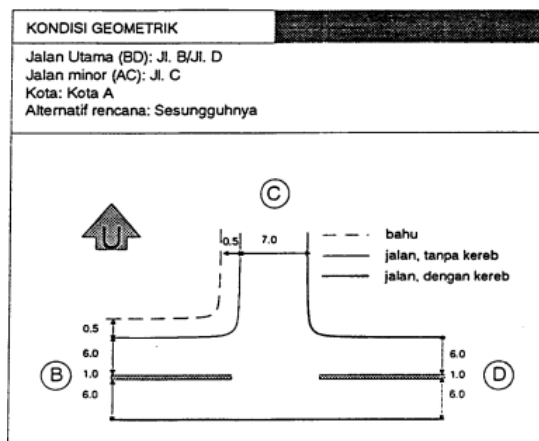
Perhitungan untuk keperluan analisis kinerja simpang tak bersinyal dibagi menjadi 3 bagian yaitu sebagai berikut.

1. Langkah A : Data Input

- a. Kondisi Geometrik

Kondisi geometrik digambarkan berupa sketsa pada Formulir USIG-1 dengan nama jalan minor dan utama serta nama kota yang dituliskan pada bagian atas sketsa.

Jalan utama adalah jalan yang terpenting pada simpang.

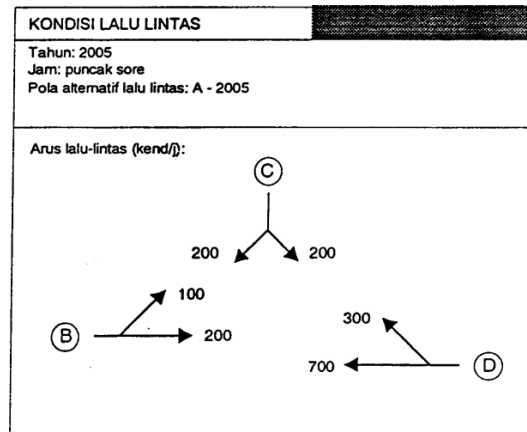


Gambar 2.11 Contoh sketsa data masukan geometrik
Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

b. Kondisi Lalu Lintas

1) Data *input* untuk kondisi lalu lintas terdiri atas 4 bagian yaitu:

- Periode dan soal (alternatif)
- Sketsa arus lalu lintas menggambarkan berbagai gerakan dan arus lalu lintas

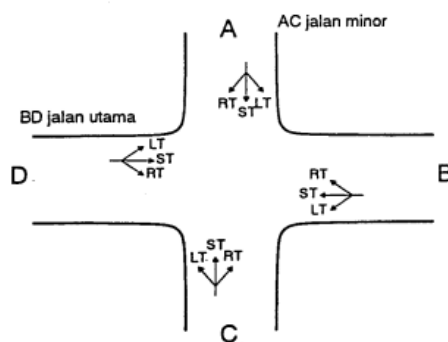


Gambar 2.12 Contoh sketsa arus lalu lintas
Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

- Komposisi arus lalu lintas (%)
- Arus kendaraan tak bermotor

Perhitungan arus lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (SMP) dengan data arus lalu lintas klasifikasi per jam yang tersedia untuk masing-masing kendaraan dapat dilakukan dengan mengalikan emp yang tercatat pada formulir (LV: 0.1; HV: 1.3; MC: 0.5)

2) Perhitungan rasio belok dan rasio arus jalan minor



Gambar 2.13 Variabel arus lalu lintas
Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

- Menghitung rasio arus belok kiri total

$$p_{LT} = \frac{A_{LT} + B_{LT} + C_{LT} + D_{LT}}{A + B + C + D} \quad (2-7)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

- b) Menghitung rasio belok kanan total

$$p_{RT} = \frac{A_{RT} + B_{RT} + C_{RT} + D_{RT}}{A + B + C + D} \quad (2-8)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

- c) Menghitung rasio arus jalan minor

$$p_{MI} = \frac{A + C}{A + B + C + D} \quad (2-9)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

- d) Menghitung arus jalan minor total (Q_{MI}) yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat A dan C dalam smp/jam.
- e) Menghitung arus jalan utama total (Q_{MA}) yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat B dan D dalam smp/jam.
- f) Menghitung arus jalan minor + utama total untuk masing-masing gerakan (belok kiri (Q_{LT}), lurus (Q_{ST}), dan belok kanan (Q_{RT}) serta Q_{TOT} .
- g) Menghitung arus total

$$Q_{TOT} = A + B + C + D \quad (2-10)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

c. Kondisi Lingkungan

a. Kelas Ukuran Kota

Memasukkan perkiraan jumlah penduduk dari seluruh daerah perkotaan dalam juta.

Tabel 2.4

Kelas Ukuran Kota

Ukuran Kota	Jumlah Penduduk (Juta)
Sangat Kecil	< 0.1
Kecil	0.1 – 0.5
Sedang	0.5 – 1.0
Besar	1.0 – 3.0
Sangat Besar	> 3.0

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

b. Tipe Lingkungan Jalan

Lingkungan jalan diklasifikasikan dalam kelas menurut guna tanah dan aksesibilitas jalan tersebut dari aktivitas sekitarnya dan ditetapkan secara kualitatif.

Tabel 2.5

Tipe Lingkungan Jalan

Tipe Lingkungan Jalan	Definisi
Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
Permukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan

Tipe Lingkungan Jalan	Definisi
Akses Terbatas	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping, dsb)

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

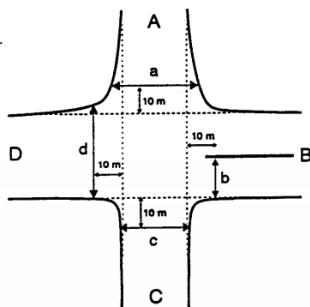
c. Kelas Hambatan Samping

Hambatan samping menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang pada arus berangkat lalu lintas, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bis berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur. Hambatan samping ditentukan secara kualitatif yaitu tinggi, sedang, atau rendah.

2. Langkah B : Kapasitas

a. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang

- 1) Lebar rata-rata pendekat minor (W_{AC}) dan pendekat utama (W_{BD}) serta lebar rata-rata pendekat (W_I)



Gambar 2.14 Lebar rata-rata pendekat

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

- a) Memasukkan lebar pendekat masing-masing ke dalam kolom dalam formulir. Lebar pendekat diukur pada jarak 10 m dari garis imajiner yang menghubungkan tepi perkerasan dari jalan berpotongan yang dianggap mewakili lebar pendekat efektif.
- b) Menghitung lebar rata-rata pendekat pada jalan minor dan jalan utama

$$W_{AC} = \frac{W_A + W_C}{2} ; W_{BD} = \frac{W_B + W_D}{2} \quad (2-11)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

- c) Menghitung lebar rata-rata pendekat

$$W_I = \frac{W_A + W_B + W_C + W_D}{\text{jumlah lengan simpang}} \quad (2-12)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

2) Jumlah lajur

Jumlah lajur yang digunakan untuk keperluan perhitungan ditentukan dari lebar rata-rata pendekat jalan minor dan jalan utama.

Tabel 2.6

Jumlah Lajur dan Lebar Rata-rata Pendekat Minor dan Utama

Lebar rata-rata pendekat minor dan utama (m)	Jumlah lajur (total untuk kedua arah)
$W_{BD} = (b+d/2)/2 < 5.5$	2
≥ 5.5	4
$W_{AC} = (a/2+c/2)/2 < 5.5$	2
≥ 5.5	4

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

3) Tipe Simpang

Tipe simpang menentukan jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan utama dan jalan minor pada simpang tersebut dengan kode tiga angka.

Tabel 2.7

Kode Tipe Simpang

Kode IT	Jumlah Lengan Simpang	Jumlah Lajur Jalan Minor	Jumlah Lajur Jalan Utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

b. Kapasitas Dasar

Nilai kapasitas dasar diambil dari Tabel 2.8 dengan variabel *input* tipe simpang IT.

Tabel 2.8

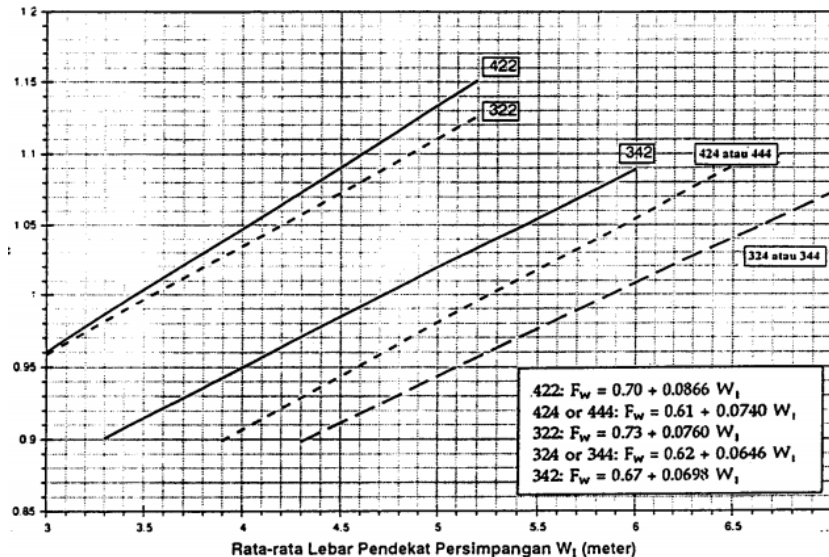
Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang

Tipe Simpang IT	Kapasitas Dasar (smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

c. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat

Penyesuaian lebar pendekat (F_W) diperoleh dari Gambar 2.15 dan variabel masukannya adalah lebar rata-rata semua pendekat W_I dan tipe simpang IT. Batas nilai pada gambar adalah rentang dasar empiris dari manual.



Gambar 2.15 Faktor penyesuaian lebar pendekat

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

d. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Median disebut lebar jika kendaraan ringan standar dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan utama.

Tabel 2.9

Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Uraian	Tipe M	Faktor Penyesuaian Median (F_M)
Tidak ada median jalan utama	Tidak Ada	1.00
Ada median jalan utama, lebar < 3 m	Sempit	1.05
Ada median jalan utama, lebar \geq 3 m	Lebar	1.20

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

e. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 2.10.

Tabel 2.10

Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota (CS)	Penduduk (Juta)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
Sangat kecil	< 0.1	0.82
Kecil	0.1 – 0.5	0.88
Sedang	0.5 – 1.0	0.94
Besar	1.0 – 3.0	1.00
Sangat Besar	> 3.0	1.05

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

f. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor dihitung dengan menggunakan Tabel 2.11 dengan variabel *input* adalah

tipe lingkungan jalan (RE), kelas hambatan samping (SF), dan rasio kendaraan tak bermotor.

Tabel 2.11

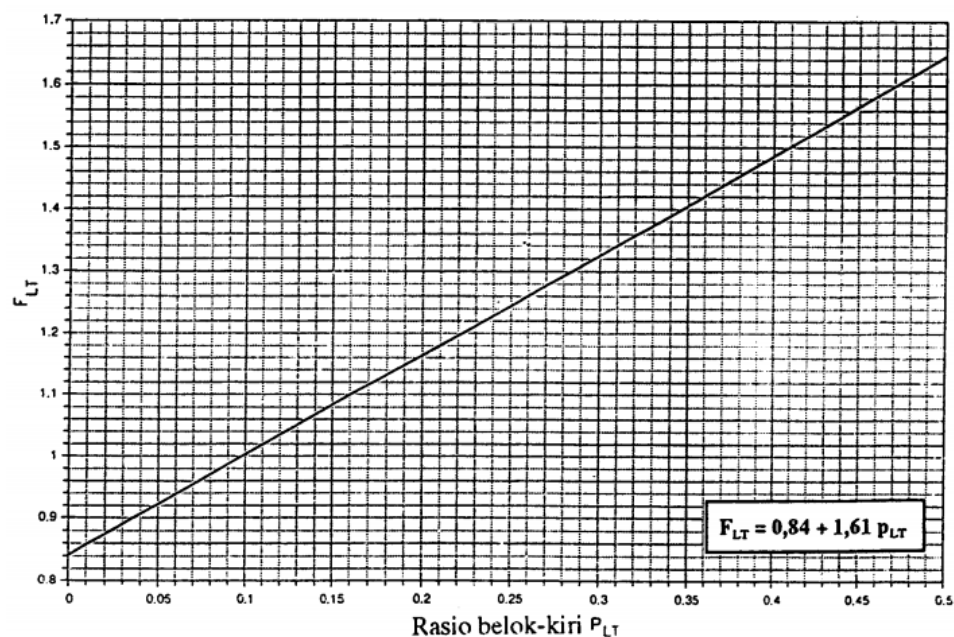
Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Hambatan Samping (SF)	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	≥0.25
Komersial	Tinggi	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
	Sedang	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.70
	Rendah	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71
Permukiman	Tinggi	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72
	Sedang	0.97	0.92	0.87	0.82	0.77	0.73
	Rendah	0.98	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74
Akses Terbatas	Tinggi / Sedang / Rendah	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

g. Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kiri ditentukan dari Gambar 2.16.

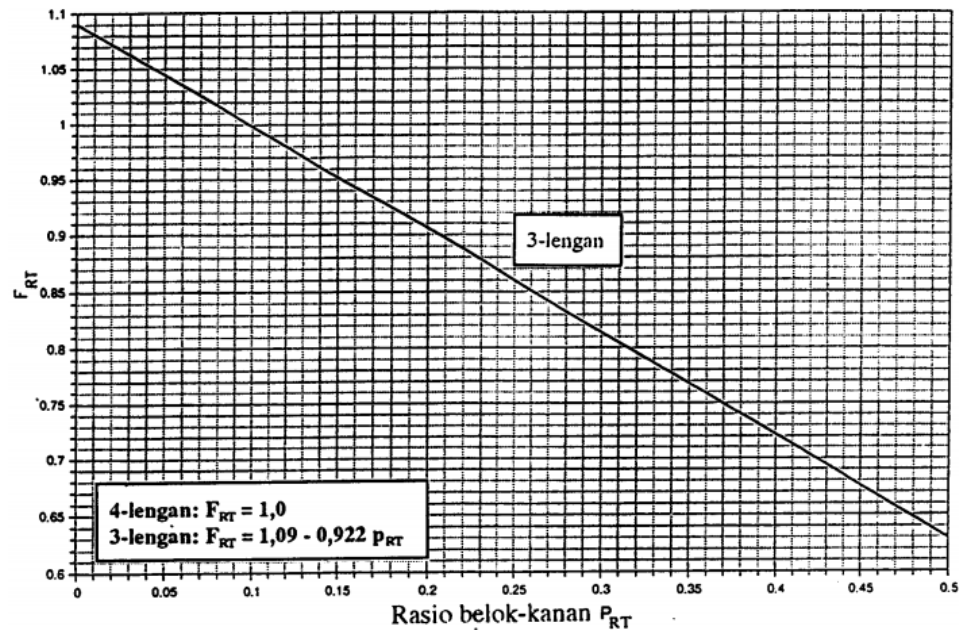


Gambar 2.16 Faktor penyesuaian belok kiri

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

h. Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Faktor penyesuaian belok kanan ditentukan dari Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Faktor penyesuaian belok kanan

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

i. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor

Tabel 2.12

Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor

IT	F_{MI}	P_{MI}
422	$1.19 \times p_{MI}^2 - 1.19 \times p_{MI} + 1.19$	0.1 – 0.9
424	$16.6 \times p_{MI}^4 - 33.3 \times p_{MI}^3 + 25.3 \times p_{MI} - 8.6 \times p_{MI} + 1.95$	0.1 – 0.3
444	$1.11 \times p_{MI}^2 - 1.11 \times p_{MI} + 1.11$	0.3 – 0.9
322	$1.19 \times p_{MI}^2 - 1.19 \times p_{MI} + 1.19$	0.1 – 0.5
	$-0.595 \times p_{MI}^2 + 0.595 \times p_{MI}^3 + 0.74$	0.5 – 0.9
342	$1.19 \times p_{MI}^2 - 1.19 \times p_{MI} + 1.19$	0.1 – 0.5
	$2.38 \times p_{MI}^2 - 2.38 \times p_{MI} + 1.49$	0.5 – 0.9
324	$16.6 \times p_{MI}^4 - 33.3 \times p_{MI}^3 + 25.3 \times p_{MI} - 8.6 \times p_{MI} + 1.95$	0.1 – 0.3
344	$1.11 \times p_{MI}^2 - 1.11 \times p_{MI} + 1.11$	0.3 – 0.5
	$-0.555 \times p_{MI}^2 + 0.555 \times p_{MI}^3 + 0.69$	0.5 – 0.9

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

j. Kapasitas

Kapasitas dihitung dengan rumus (2-3).

3. Perilaku Lalu Lintas

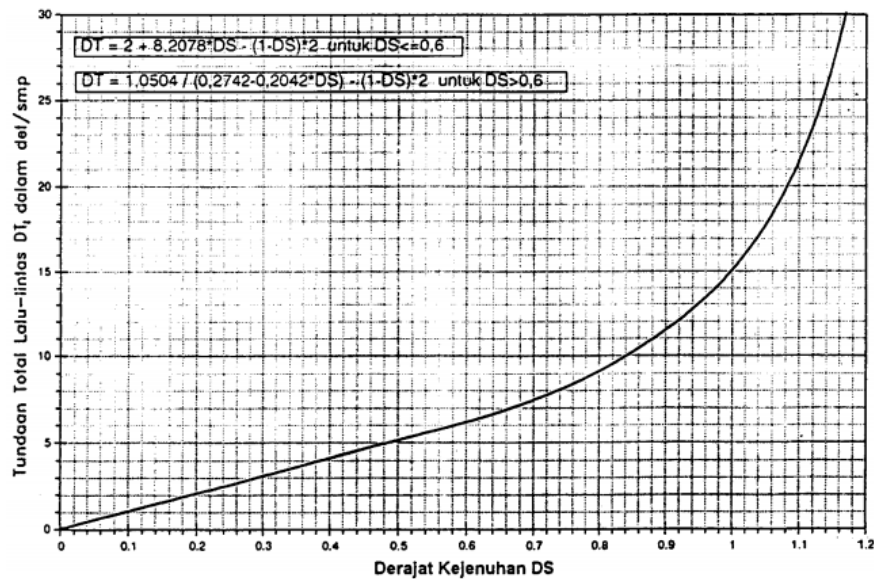
a. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan dihitung dengan rumus (2-4).

b. Tundaan

1) Tundaan Lalu Lintas Simping (DT_I)

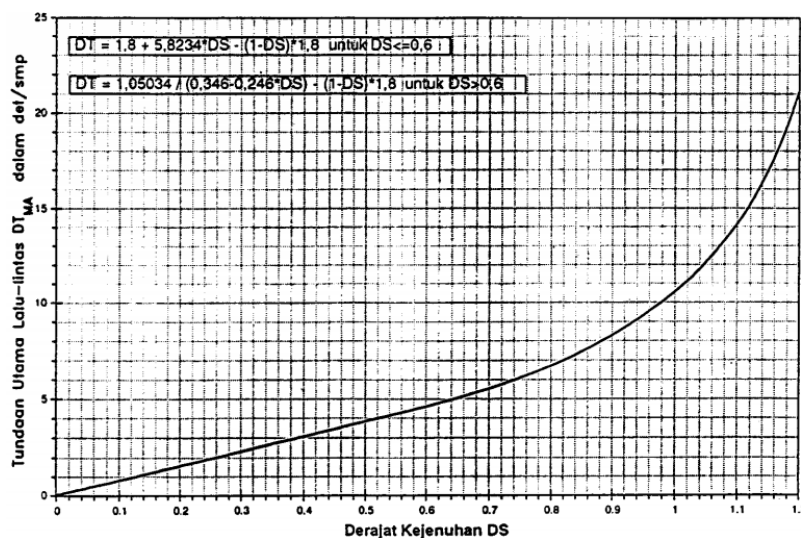
Tundaan lalu lintas simping adalah tundaan lalu lintas dengan rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simping.



Gambar 2.18 Tundaan lalu lintas simpang dengan derajat kejenuhan
Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

2) Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan utama adalah tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama.



Gambar 2.19 Tundaan lalu lintas jalan utama dengan derajat kejenuhan
Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

3) Penentuan Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor rata-rata ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata.

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \quad (2-13)$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

4) Tundaan Geometrik Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang.

5) Tundaan Simpang (D)

$$D = DG + DT_I$$

(2-14)

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

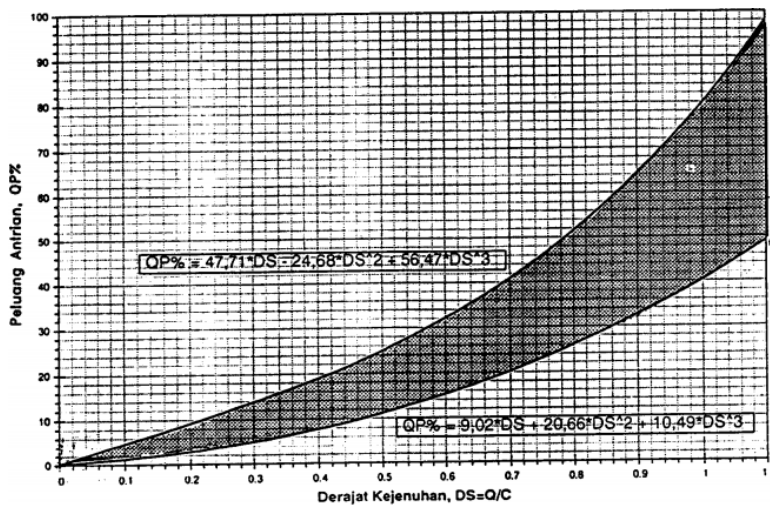
dimana:

DG = tundaan geometrik simpang

DT_I = tundaan lalu lintas simpang

c. Peluang Antrian

Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan.



Gambar 2.20 Rentang peluang antrian (QP%) terhadap derajat kejenuhan (DS)

Sumber: Manual Kapasitas Jalan (1997)

d. Penilaian Perilaku Lalu Lintas

Untuk menilai hasil adalah dengan melihat derajat kejenuhan (DS) untuk kondisi yang diamati dan membandingkan dengan pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur fungsional yang diinginkan dari simpang tersebut. Derajat kejenuhan dapat dikatakan tinggi apabila nilainya >0.85 .

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tahap yang harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang dibahas. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kajian yang akan dilakukan dalam melakukan penelitian ini.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk jenis penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, dan kejadian yang terjadi saat sekarang serta memusatkan perhatian kepada masalah-masalah aktual sebagaimana adanya pada saat penelitian berlangsung. Pada penelitian ini, permasalahan lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung merupakan kejadian aktual yang akan dideskripsikan dengan menggunakan simulasi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada persimpangan Tunggulwulung yaitu di antara Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion, Jalan Akordion Selatan, Jalan Simpang Akordion, dan Jalan Saxsophone Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Waktu penelitian yang dilakukan adalah pada bulan Mei 2017-November 2017. Berdasarkan identifikasi masalah maka penelitian dilakukan pada jam puncak pagi hari pukul 06.00-07.00 WIB di hari Senin-Sabtu, siang hari pukul 11.30-12.30 WIB di hari Senin-Kamis dan Sabtu, dan sore hari pukul 15.30-16.30 WIB hari Senin-Sabtu.

3.3 Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian ini meliputi tahap pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan sistem, analisis dan pembahasan serta kesimpulan.

3.3.1 Tahap Pendahuluan

Tahap identifikasi awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung ke lokasi penelitian untuk mendapatkan gambaran dari kondisi sebenarnya agar peneliti dapat mengetahui permasalahan yang terjadi pada persimpangan Tunggulwulung.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari sumber-sumber dari buku, jurnal, serta penelitian terdahulu yang berhubungan dengan simulasi dan rekayasa lalu lintas untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk mencari dan menemukan masalah-masalah yang sedang terjadi pada sistem lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung.

4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan setelah melakukan identifikasi masalah sesuai dengan kondisi nyata terkait permasalahan lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung.

5. Penentuan Tujuan

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang diangkat.

3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan selama penelitian berlangsung. Data yang dikumpulkan digunakan sebagai *input* pada pengolahan data untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh peneliti secara langsung melalui pengamatan dan pengukuran.

a. Data Input untuk Simulasi

Data input yang digunakan untuk pembuatan model simulasi yang diperoleh peneliti secara langsung adalah:

1) Data waktu antar kedatangan kendaraan

Dalam pengumpulan data waktu antar kedatangan kendaraan dibutuhkan minimal 2 orang sebagai penanggungjawab pada masing-masing ruas jalan

untuk menghitung waktu kedatangan kendaraan menggunakan *stopwatch* berdasarkan jenis kendaraannya. Kendaraan dihitung tiap datang dan berhenti di belakang kendaraan yang datang sebelumnya dengan *stopwatch* dan masing-masing orang pada ruas jalan tersebut bertugas menghitung sesuai dengan jenis kendaraan yang telah ditetapkan.

2) Data lama waktu kendaraan berjalan dari satu jalan ke jalan yang lain

Untuk pengumpulan data ini, diperlukan minimal 1 orang di masing-masing ruas jalan untuk menghitung waktu kendaraan berjalan dari ujung pendekat menuju ruas jalan tujuannya.

3) Data lama waktu berhenti (menunggu) sebagai data *input* untuk validasi model simulasi.

Dalam mengumpulkan data lama waktu berhenti kendaraan dibutuhkan minimal 1 orang untuk setiap ruas jalan untuk menghitung lamanya suatu kendaraan menunggu untuk berjalan dengan menggunakan *stopwatch*.

b. Data Input untuk MKJI

Data input yang digunakan untuk analisis berdasarkan MKJI adalah data jumlah kendaraan yang melintasi persimpangan. Data tersebut membutuhkan minimal 5 orang apabila menghitung secara langsung dan manual pada setiap cabang jalan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada. Data sekunder pada penelitian ini adalah untuk data input MKJI yaitu data tipe simpang dan data geometrik dengan menggunakan *Google Earth*.

3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data akan dilakukan pemodelan sistem dengan simulasi menggunakan *software* ARENA. Tahap-tahap dari pemodelan sistem lalu lintas persimpangan Tunggulwulung dengan menggunakan simulasi adalah mengidentifikasi masalah, menentukan tujuan simulasi, pengumpulan data, menentukan distribusi dan nilai parameter, merancang model konseptual, membuat model simulasi dengan ARENA, menentukan jumlah replikasi, menjalankan model simulasi, melakukan verifikasi dan validasi, kemudian menganalisis hasil simulasi.

3.3.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan pada penelitian ini meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Analisis dan Pembahasan Hasil Simulasi

Pada tahap membahas mengenai hasil dari model simulasi yang sudah dijalankan yang meliputi waktu tunggu kendaraan, jumlah kendaraan yang masih ada dalam sistem, serta jumlah kendaraan yang keluar dari sistem. Setelah mengetahui hasil simulasi, dilakukan analisa sistem lalu lintas yang ada dan bagaimana solusi untuk mengatasi masalah pada sistem lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung.

2. Analisis Kinerja Simpang pada Persimpangan Tunggulwulung

Tahap ini membahas kinerja simpang pada persimpangan Tunggulwulung berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia dengan menghitung kapasitas simpang, derajat kejenuhan, dan tundaan simpang dengan menggunakan persamaan 2-3 hingga 2-13 sehingga dapat diketahui dasar untuk saran perbaikan.

3. Perancangan Skenario Perbaikan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Perancangan rekomendasi perbaikan dilakukan dengan melakukan perumusan beberapa rekomendasi perbaikan (skenario) untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan dalam sistem.

4. Penentuan Skenario Terbaik

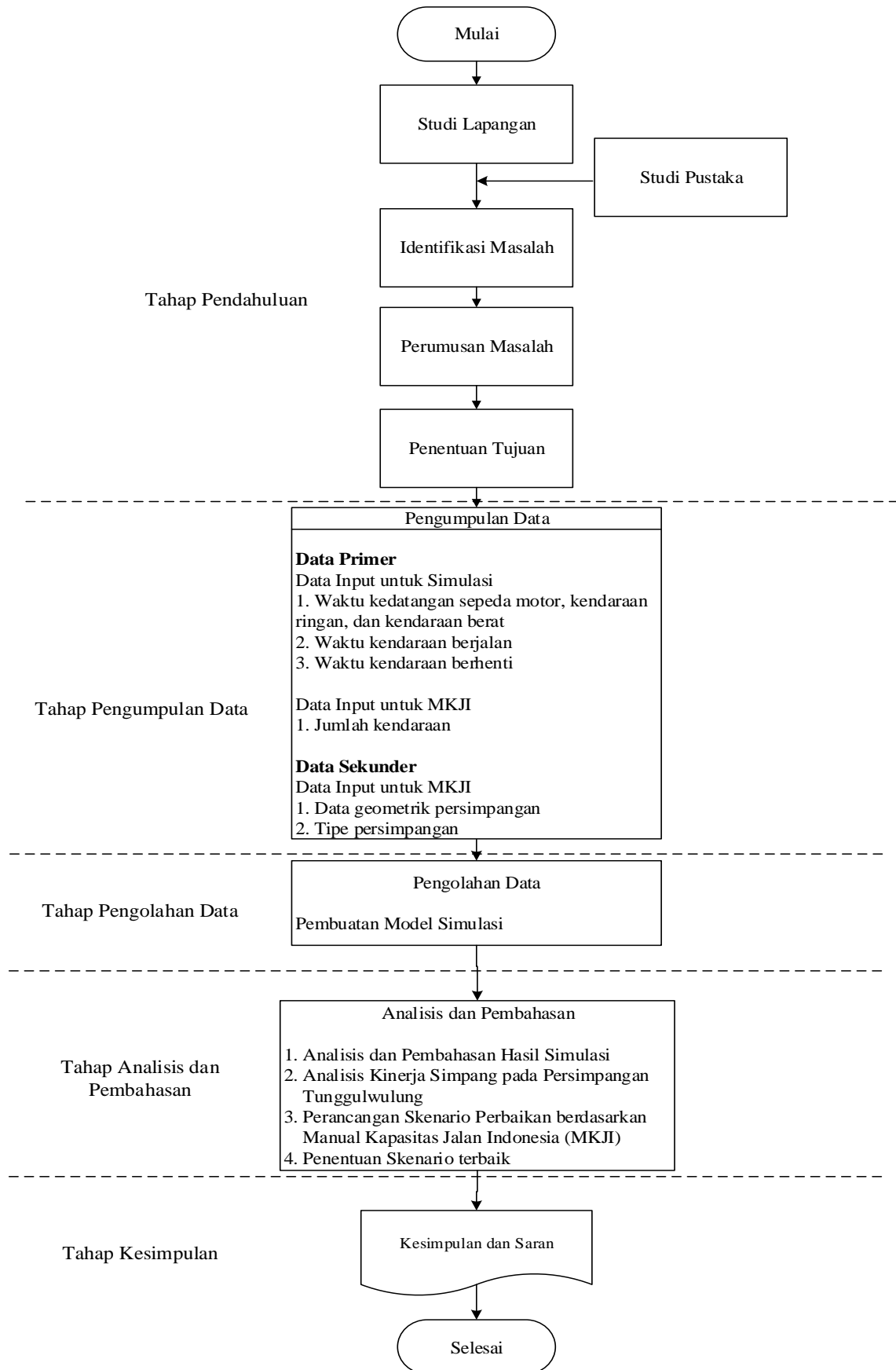
Penentuan skenario atau alternatif perbaikan dilakukan dengan memilih rekomendasi perbaikan yang memiliki hasil *waiting time* yang paling kecil pada simulasi dan derajat kejenuhan paling kecil pada perhitungan MKJI.

3.3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap terakhir dengan melakukan penarikan kesimpulan dari penelitian mengenai lalu lintas persimpangan Tunggulwulung sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan di tahap pendahuuan. Selain itu, diberikan beberapa saran baik untuk sistem lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung sebagai bentuk tindak lanjut pada masalah yang ada serta saran untuk penelitian berikutnya.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 menggambarkan tahap-tahap yang akan dilakukan pada penelitian mengenai lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.5 Diagram Alir Pembuatan Simulasi

Langkah-langkah pembuatan simulasi arus lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah menentukan masalah dari sistem lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung.

2. Penentuan Tujuan Simulasi

Setelah mengidentifikasi masalah, maka selanjutnya adalah menentukan tujuan simulasi dilakukan.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk dijadikan *input* dalam pembuatan simulasi. Data yang diperlukan adalah data waktu antar kedatangan kendaraan, data waktu kendaraan berjalan dari satu cabang jalan menuju jalan yang dituju, dan data waktu kendaraan menunggu (berhenti).

4. Penentuan Distribusi dan Nilai Parameter

Apabila data telah cukup maka data tersebut dapat digunakan sebagai dasar pembuatan model. Pengolahan data yang dilakukan adalah dengan menentukan distribusi dari data *input* menggunakan *input analyzer*, melakukan evaluasi distribusi berdasarkan nilai *error*, dan menentukan nilai parameter yang sesuai.

5. Perancangan Model Konseptual

Perancangan model konseptual dilakukan dengan menggunakan *Activity Cycle Diagram* untuk menerjemahkan sistem nyata ke dalam model yang disesuaikan dengan rumusan masalah dan tujuan pemodelan.

6. Pembuatan Model Simulasi

Setelah merancang model konseptual, tahap selanjutnya adalah pembuatan model simulasi lalu lintas persimpangan Tunggulwulung dengan menggunakan *software ARENA* yang kemudian dilakukan *running* model untuk mengetahui hasil simulasi yang telah dibuat.

7. Menentukan Jumlah Replikasi

Untuk mendapatkan hasil simulasi yang menggambarkan sistem nyata diperlukan replikasi dalam menjalankan simulasi. Pada awal simulasi, ditentukan jumlah replikasi adalah 5 kali yang kemudian diperlukan uji replikasi untuk mengetahui jumlah replikasi sudah tepat.

8. Menjalankan Model Simulasi (*Run Model*)

Run model dilakukan untuk memastikan bahwa simulasi berhasil dijalankan sesuai dengan model yang dibuat dan berjalan sesuai dengan replikasi yang ditentukan.

9. Verifikasi

Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi sudah memiliki logika proses yang sama dengan model konseptual. Pada penelitian ini, teknik verifikasi yang dilakukan adalah:

- a. Membandingkan model simulasi pada *software* ARENA dengan model konseptual (ACD) mengenai lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung.
- b. Melihat rangkuman proses pada model simulasi persimpangan Tunggulwulung dengan melakukan pengecekan parameter, satuan, serta variabel yang digunakan.
- c. Mengamati animasi pada model simulasi persimpangan Tunggulwulung saat *running*.
- d. *Debugging* atau melakukan kompilasi *error* pada model simulasi persimpangan Tunggulwulung.

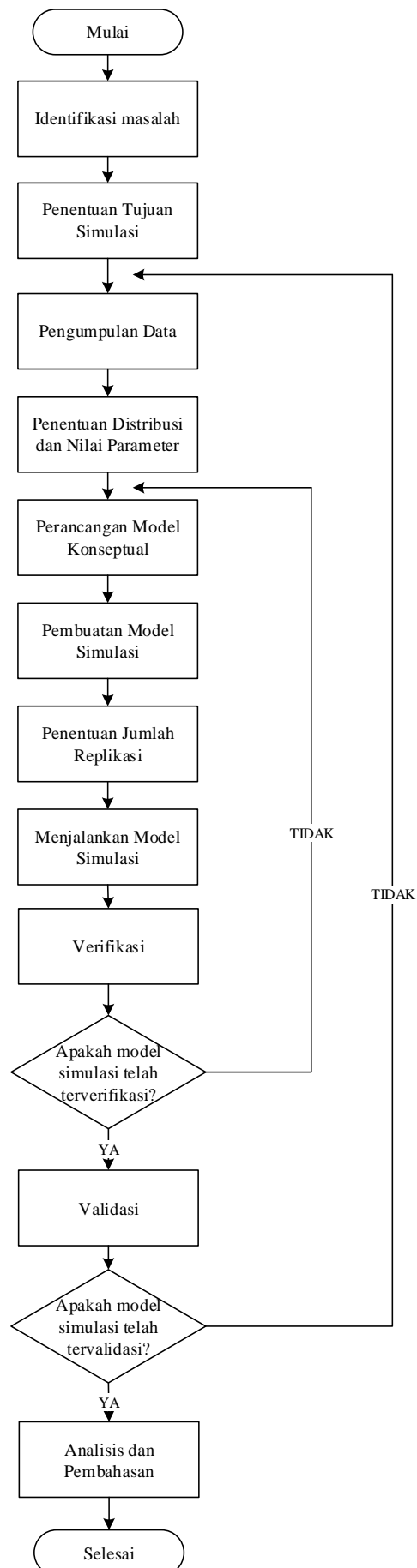
Apabila model simulasi telah terverifikasi, maka dapat dilanjutkan pada tahap validasi tetapi apabila model simulasi belum terverifikasi maka harus kembali melakukan pembuatan model.

10. Validasi

Validasi dilakukan untuk membandingkan apakah model simulasi telah menggambarkan sistem nyatanya. Uji validasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan hasil *output* terhadap *input* yang diberikan model simulasi dengan sistem nyata dengan menggunakan uji statistik.

11. Menganalisis *Report* atau Hasil Simulasi

Setelah model simulasi dinyatakan valid maka *report* yang ada dalam model simulasi dapat dianalisis untuk mengetahui bagaimana kondisi arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung dan kemudian dapat dilakukan pembuatan skenario.



Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan model simulasi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai rincian pelaksanaan penelitian yang membahas gambaran umum studi kasus, pengumpulan data, dan analisis dari penelitian menggunakan metode yang telah ditentukan sebelumnya.

4.1 Gambaran Umum Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung

Persimpangan Tunggulwulung merupakan salah satu persimpangan tidak bersinyal yang berada di Kota Malang dan menjadi salah satu persimpangan yang sering dilewati oleh kendaraan menuju ke beberapa lokasi. Jenis kendaraan yang melintasi persimpangan ini adalah sepeda motor, mobil, angkutan kota JPK, *pick-up*, truk sedang, truk besar, dan bus kecil. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia, jenis kendaraan bermotor dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu sepeda motor, kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Kendaraan ringan meliputi kendaraan beroda empat dimana mobil, angkutan kota, *pick up*, dan truk sedang dapat dikategorikan sebagai kendaraan ringan sedangkan truk besar dan bus kecil yang memiliki roda lebih dari empat masuk dalam kategori kendaraan berat.

Persimpangan Tunggulwulung memiliki lima ruas jalan seperti pada Gambar 1.2 yaitu sebelah utara merupakan Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion, sebelah barat merupakan Jalan Saxophone, sebelah timur merupakan Jalan Candi Panggung Barat, dan sebelah selatan merupakan Jalan Akordion Selatan. Masing-masing jalan memiliki akses menuju lokasi tertentu sehingga sering dilewati oleh pengguna jalan seperti Jalan Akordion yang merupakan akses jalan menuju Tasikmadu, Jalan Akordion Selatan dapat menjadi akses jalan menuju Dinoyo, Jalan Candi Panggung Barat yang menjadi akses menuju Jalan Soekarno-Hatta, serta Jalan Saxophone yang sering dijadikan sebagai jalan alternatif menuju Kota Batu.

Persimpangan tak bersinyal tidak memiliki waktu tetap untuk berhenti dan berjalan sehingga sistem lalu lintas pada persimpangan ini adalah bergantung pada masing-masing pengemudi dan kondisi jumlah kendaraan yang melewati masing-masing ruas jalan. Kendaraan akan berhenti apabila kendaraan pada salah satu ruas jalan bergerak menuju ruas jalan yang dituju dan bergerak apabila ruas jalan yang lain tidak terdapat antrian kendaraan.

Pada persimpangan Tunggulwulung, kendaraan bergerak bergantung pada arah tujuan kendaraan tersebut (belok kanan, lurus, atau belok kiri). Berikut merupakan kondisi kendaraan dapat keluar dari antrian masing-masing ruas jalan dengan tujuan tertentu.

1. Dari Jalan Saxophone

Kendaraan yang berada pada Jalan Saxophone akan berjalan apabila jumlah antrian kendaraannya lebih besar daripada jumlah antrian kendaraan pada Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion. Berikut merupakan kondisi untuk masing-masing kendaraan di Jalan Saxophone yang dapat berjalan menuju ke ruas jalan tujuannya.

a. Dari Jalan Saxophone menuju Jalan Akordion Selatan (belok kanan)

Tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melintas di persimpangan yaitu Jalan Candi Panggung Barat menuju Jalan Simpang Akordion dan Jalan Akordion, dari Jalan Akordion Selatan menuju Jalan Akordion, serta dari Jalan Akordion Selatan dan Jalan Akordion menuju ke Jalan Saxophone.

b. Dari Jalan Saxophone menuju Jalan Candi Panggung Barat (lurus)

Apabila tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melintasi persimpangan yaitu kendaraan dari Jalan Akordion Selatan dan Jalan Akordion menuju ke Jalan Akordion Selatan dan Jalan Saxophone, kendaraan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion, kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat menuju Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion.

c. Dari Jalan Saxophone menuju ke Jalan Akordion (belok kiri)

Kendaraan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion dapat berjalan apabila kendaraan pada Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion Selatan berjalan atau kendaraan pada Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Candi Panggung berjalan.

2. Dari Jalan Candi Panggung Barat

Kendaraan yang masuk di Jalan Candi Panggung Barat akan berjalan apabila jumlah antrian kendaraannya lebih besar daripada jumlah antrian kendaraan yang masuk pada Jalan Saxophone, Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion. Berikut merupakan kondisi perlu dipenuhi masing-masing antrian di Jalan Candi Panggung Barat agar kendaraan dapat berjalan menuju ke ruas jalan tujuannya.

a. Dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Simpang Akordion (belok kanan)

Jenis kendaraan yang diperbolehkan menuju ke Jalan Simpang Akordion adalah sepeda motor baik roda dua maupun roda tiga. Kendaraan dari Jalan Candi

Panggung Barat dapat berjalan menuju ke Jalan Simpang Akordion jika tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melintasi persimpangan yaitu kendaraan dari Jalan Saxophone yang akan menuju ke Jalan Candi Panggung, kendaraan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat, dan kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone.

b. Dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Akordion (belok kanan)

Kondisi yang diperlukan untuk kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat agar dapat berjalan menuju ke Jalan Akordion sama dengan ketika berjalan menuju ke Jalan Simpang Akordion karena antrian tujuan menuju ke Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion adalah sama dalam arti kendaraan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion mengikuti antrian menuju ke Akordion karena sama-sama belok kanan. Berbeda dengan jenis kendaraan yang dapat menuju ke Jalan Simpang Akordion, jenis kendaraan yang dapat melalui Jalan Akordion adalah sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat.

c. Dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Saxophone (lurus)

Kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat dapat berjalan menuju ke Jalan Saxophone apabila tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melewati persimpangan yaitu kendaraan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Akordion, Jalan Simpang Akordion, dan Jalan Candi Panggung, kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion yang akan menuju ke Jalan Akordion Selatan, serta kendaraan dari Jalan Saxophone yang akan menuju ke Jalan Akordion Selatan.

d. Dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Akordion Selatan (belok kiri)

Kendaraan yang berada pada Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion Selatan akan berjalan apabila kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Simpang Akordion dan Jalan Akordion berjalan. Kondisi ini berlaku juga apabila kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Saxophone bergerak.

3. Dari Jalan Akordion Selatan

Kendaraan yang masuk di Jalan Akordion Selatan akan berjalan apabila jumlah antrian kendarannya lebih besar daripada jumlah antrian kendaraan yang masuk pada Jalan Saxophone, Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion. Berikut merupakan kondisi perlu dipenuhi masing-masing antrian di Jalan Akordion Selatan agar kendaraan dapat berjalan menuju ke ruas jalan tujuannya.

- a. Dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Simpang Akordion (lurus)
 Jenis kendaraan yang diperbolehkan menuju ke Jalan Simpang Akordion adalah sepeda motor baik roda dua maupun roda tiga. Kendaraan dari Jalan Akordion Selatan dapat berjalan menuju ke Jalan Simpang Akordion apabila tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melewati persimpangan yaitu kendaraan dari Jalan Saxophone yang akan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat dan Jalan Akordion Selatan, kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Saxophone, serta kendaraan dari Jalan Simpang Akordion dan Jalan Akordion yang akan menuju ke Jalan Saxophone.
 - b. Dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Akordion (lurus)
 Jenis kendaraan yang dapat melalui Jalan Akordion adalah sepeda motor, kendaraan kecil, dan kendaraan besar. Kondisi kendaraan dapat berjalan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Akordion sama dengan kondisi ketika berjalan menuju ke Jalan Simpang Akordion karena arah tujuannya sama yaitu menuju ke arah utara.
 - c. Dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (belok kanan)
 Kendaraan dari Jalan Akordion Selatan dapat berjalan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat apabila tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melewati persimpangan yaitu kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Simpang Akordion, Jalan Akordion, dan Jalan Saxophone, kendaraan dari Jalan Saxophone yang akan menuju ke Jalan Akordion Selatan, serta kendaraan dari Jalan Simpang Akordion dan Jalan Akordion yang akan menuju ke Jalan Saxophone.
 - d. Dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Saxophone (belok kiri)
 Kendaraan yang berada pada Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Saxophone akan berjalan apabila kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion dan Jalan Akordion berjalan atau apabila kendaraan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Saxophone berjalan.
4. Dari Jalan Akordion dan Jalan Akordion Selatan
- Antrian kendaraan dari Jalan Simpang Akordion yang lurus dan belok kanan selalu bergabung dengan kendaraan dari Jalan Akordion, sehingga untuk tujuan ke Jalan Akordion Selatan dan ke Jalan Saxophone kondisi kendaraan agar dapat berjalan adalah sama. Kendaraan yang masuk di Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion akan berjalan apabila jumlah antrian kendaraannya lebih besar daripada jumlah antrian kendaraan yang masuk pada Jalan Saxophone, Jalan Candi Panggung Barat, Jalan

Akordion Selatan. Berikut merupakan kondisi perlu dipenuhi masing-masing antrian di Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion agar kendaraan dapat berjalan menuju ke ruas jalan tujuannya.

- a. Dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Akordion Selatan (lurus)

Kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion dapat berjalan menuju ke Jalan Akordion Selatan apabila tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melewati persimpangan yaitu kendaraan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat, kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Saxophone dan Jalan Akordion, serta kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion dan ke Jalan Candi Panggung.

- b. Dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Saxophone (belok kanan)

Kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion dapat berjalan menuju ke Jalan Saxophone apabila tidak ada kendaraan dari ruas jalan tertentu yang melewati persimpangan yaitu kendaraan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat dan ke Jalan Akordion Selatan, kendaraan dari Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion, serta kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Simpang Akordion dan Jalan Akordion.

- c. Dari Jalan Akordion menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (belok kiri)

Kendaraan yang berada pada Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat akan berjalan apabila kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan berjalan atau apabila kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion berjalan menuju ke Jalan Saxophone.

- d. Dari Jalan Simpang Akordion ke Jalan Candi Panggung Barat (belok kiri)

Kendaraan dari Jalan Simpang Akordion langsung belok kiri tanpa ada kondisi khusus menuju ke Jalan Candi Panggung Barat.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan melakukan observasi langsung di lapangan. Pengumpulan data dilakukan pada pukul 06.00-07.00 di hari Senin-Sabtu untuk data kendaraan pada pagi hari, pukul 11.30-12.30 untuk data kendaraan siang hari di hari

Senin-Kamis dan Sabtu, dan pukul 15.30-16.30 untuk data kendaraan pada sore hari di hari Senin-Sabtu karena waktu tersebut merupakan jam puncak pada tiap horizon waktu berdasarkan grafik pada Gambar 1.3 dan hari Senin-Sabtu merupakan hari aktif sekolah dan kerja sehingga memiliki karakteristik yang sama. Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah data waktu antar kedatangan kendaraan, waktu kendaraan berpindah ke ruas jalan tujuan, data jumlah kendaraan yang masuk ke ruas jalan tujuan, dan data waktu tunggu kendaraan.

4.2.1 Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan

Data waktu antar kedatangan kendaraan dihitung dengan menggunakan *stopwatch*. Waktu kendaraan yang datang dihitung setelah kendaraan tersebut berhenti di belakang kendaraan yang datang sebelumnya.

1. **Data Waktu Antar Kedatangan di Jalan Saxophone**

Berikut merupakan data waktu antar kedatangan kendaraan ringan, berat, dan sepeda motor pada pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30. (Terlampir pada Lampiran 3)

2. **Data Waktu Antar Kedatangan di Jalan Candi Panggung Barat**

Berikut merupakan data waktu antar kedatangan kendaraan ringan, berat, dan sepeda motor pada pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 yang masuk di Jalan Candi Panggung Barat. (Terlampir pada Lampiran 4)

3. **Data Waktu Antar Kedatangan di Jalan Akordion Selatan**

Berikut merupakan data waktu antar kedatangan kendaraan ringan, berat, dan sepeda motor pada pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 yang datang dari Jalan Akordion Selatan. (Terlampir pada Lampiran 5)

4. **Data Waktu Antar Kedatangan di Jalan Akordion**

Berikut merupakan data waktu antar kedatangan kendaraan ringan, berat, dan sepeda motor pada pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 yang datang dari Jalan Akordion. (Terlampir pada Lampiran 6)

5. **Data Waktu Antar Kedatangan di Jalan Simpang Akordion**

Berikut merupakan data waktu antar kedatangan kendaraan ringan, berat, dan sepeda motor pada pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 yang datang dari Jalan Simpang Akordion. (Terlampir pada Lampiran 7)

4.2.2 Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Ruas Jalan Tujuan

Data ini merupakan waktu dimana kendaraan berpindah dari ruas jalan satu menuju ruas jalan tujuannya. Lama berpindahnya kendaraan dihitung dari ujung jalan asal kendaraan hingga masuk ke ruas jalan tujuannya dengan menggunakan *stopwatch*.

1. Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Saxophone

Berikut ini merupakan data waktu kendaraan berpindah dari Jalan Saxophone pagi hari (pukul 06.00-07.00), siang hari (11.30-12.30), dan sore hari (15.30-16.30) menuju ke Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion Selatan, dan Jalan Akordion. (Terlampir pada Lampiran 8)

2. Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Candi Panggung Barat

Berikut ini merupakan data waktu kendaraan berpindah dari Jalan Candi Panggung Barat pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 menuju ke Jalan Saxophone, Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion. (Terlampir pada Lampiran 9)

3. Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Akordion Selatan

Berikut ini merupakan data waktu kendaraan berpindah dari Jalan Akordion Selatan pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 menuju ke Jalan Saxophone, Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion. (Terlampir pada Lampiran 10)

4. Data Waktu Kendaraan Berpindah dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion

Berikut ini merupakan data waktu kendaraan berpindah dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 menuju ke Jalan Saxophone, Jalan Candi Panggung Barat, dan Jalan Akordion Selatan. (Terlampir pada Lampiran 11)

4.2.3 Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan

Probabilitas arah tujuan kendaraan merupakan persentase jumlah masing-masing jenis kendaraan yang keluar menuju ruas jalan tujuan (lurus, belok kiri, atau belok kanan) dari jumlah seluruh kendaraan (setiap jenisnya) yang datang di ruas jalan yang sama.

1. Kendaraan dari Jalan Saxophone

Tabel 4.1

Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Saxophone

Waktu	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan Kendaraan					
		Lurus (Jl.Candi Panggung Barat)		Belok Kanan (Jl.Akordion Selatan)		Belok Kiri (Jl. Akordion)	
		Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas
Pagi (06.00-07.00)	Sepeda Motor (MC)	633	58.8 %	399	37.1 %	44	4.1 %
	Kendaraan Ringan (LV)	126	67.7 %	51	27.4 %	9	4.9 %
	Kendaraan Berat (HV)	5	83.3 %	0	-	1	16.7 %
Siang (11.30-12.30)	Sepeda Motor (MC)	692	72.2 %	219	22.8 %	48	5 %
	Kendaraan Ringan (LV)	158	76.7 %	38	18.4 %	10	4.9 %
	Kendaraan Berat (HV)	4	100 %	0	-	0	-
Sore (15.30-16.30)	Sepeda Motor (MC)	714	71.3 %	223	22.3 %	65	6.4 %
	Kendaraan Ringan (LV)	183	81.3 %	35	15.6 %	7	3.1 %
	Kendaraan Berat (HV)	5	100 %	0	-	0	-

Contoh perhitungan probabilitas arah tujuan kendaraan:

Pukul 06.00-07.00

$$1) \text{ Probabilitas Sepeda Motor Lurus} = \frac{\text{Jumlah MC yang Lurus}}{\text{Jumlah MC Keseluruhan}} \times 100 \% \\ = \frac{633}{1076} \times 100 \% = 58.8 \%$$

$$2) \text{ Probabilitas Kendaraan Ringan Lurus} = \frac{\text{Jumlah LV yang Lurus}}{\text{Jumlah LV Keseluruhan}} \times 100 \% \\ = \frac{126}{186} \times 100 \% = 67.7 \%$$

$$3) \text{ Probabilitas Kendaraan Berat Lurus} = \frac{\text{Jumlah HV yang Lurus}}{\text{Jumlah HV Keseluruhan}} \times 100 \% \\ = \frac{5}{6} \times 100 \% = 83.3 \%$$

$$4) \text{ Probabilitas Sepeda Motor Belok Kanan} = \frac{\text{Jumlah MC Belok Kanan}}{\text{Jumlah MC Keseluruhan}} \times 100 \% \\ = \frac{399}{1076} \times 100 \% = 37.1 \%$$

$$5) \text{ Probabilitas Kendaraan Ringan Belok Kanan} = \frac{\text{Jumlah LV Belok Kanan}}{\text{Jumlah LV Keseluruhan}} \times 100 \% \\ = \frac{51}{186} \times 100 \% = 27.4 \%$$

$$6) \text{ Probabilitas Sepeda Motor Belok Kiri} = \frac{\text{Jumlah MC Belok Kiri}}{\text{Jumlah Sepeda Motor Keseluruhan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{44}{1076} \times 100 \% = 4.1 \%$$

$$7) \text{ Probabilitas Kendaraan Ringan Belok Kiri} = \frac{\text{Jumlah LV Belok Kiri}}{\text{Jumlah LV Keseluruhan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{9}{186} \times 100 \% = 4.9 \%$$

$$8) \text{ Probabilitas Kendaraan Berat Belok Kiri} = \frac{\text{Jumlah HV Belok Kiri}}{\text{Jumlah HV Keseluruhan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1}{6} \times 100 \% = 16.7 \%$$

Keterangan:

MC = *motorcycle* (sepeda motor/ kendaraan beroda 2 atau 3)

LV = *light vehicle* (kendaraan ringan, contoh: mobil, *pick up*, truk beroda 4)

HV = *heavy vehicle* (kendaraan berat, contoh: truk beroda 6, bus)

Perhitungan probabilitas arah tujuan kendaraan pada siang hari dan sore hari sama dengan cara perhitungan pada pagi hari dan berlaku untuk perhitungan probabilitas arah tujuan kendaraan pada Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion.

2. Kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat

Tabel 4.2

Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat

Waktu	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan Kendaraan							
		Lurus (Jl.Saxophone)		Belok Kanan (Jl.Akordion Selatan)		Belok Kiri (Jl. Akordion)		Belok Kanan (Jl. Simpang Akordion)	
		Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas
Pagi (06.00-07.00)	Sepeda Motor (MC)	852	71.3 %	176	14.7 %	136	11.4 %	31	2.6 %
	Kendaraan Ringan (LV)	155	65.1 %	63	26.5 %	20	8.4 %	0	-
	Kendaraan Berat (HV)	4	100 %	0	-	0	-	0	-
Siang (11.30-12.30)	Sepeda Motor (MC)	605	65.1 %	111	11.9 %	190	20.5 %	23	2.5 %
	Kendaraan Ringan (LV)	203	76.6 %	29	10.9 %	33	12.5 %	0	-
	Kendaraan Berat (HV)	9	81.8 %	2	18.2 %	0	-	0	-
/Sore (15.30-16.30)	Sepeda Motor (MC)	843	66.5 %	208	16.4 %	192	15.1 %	25	2 %
	Kendaraan Ringan (LV)	154	66.7 %	43	18.6 %	34	14.7 %	0	-
	Kendaraan Berat (HV)	3	100 %	0	-	0	-	0	-

3. Kendaraan dari Jalan Akordion Selatan

Tabel 4.3

Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Akordion Selatan

Waktu	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan Kendaraan							
		Lurus (Jl.Akordion)		Lurus (Jl.Simpang Akordion)		Belok Kiri (Jl.Saxophone)		Belok Kanan (Jl. Candi Panggung Barat)	
		Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas
Pagi (06.00-07.00)	Sepeda Motor (MC)	746	60.8 %	17	1.4 %	374	30.5 %	90	7.3 %
	Kendaraan Ringan (LV)	84	65.6 %	0	-	38	29.7 %	6	4.7 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-	0	-
Siang (11.30-12.30)	Sepeda Motor (MC)	657	62.1 %	18	1.7 %	285	26.9 %	98	9.3 %
	Kendaraan Ringan (LV)	56	50.5 %	0	-	40	36 %	15	13.5 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-	0	-
Sore (15.30-16.30)	Sepeda Motor (MC)	821	56.9 %	20	1.4 %	437	30.3 %	165	11.4 %
	Kendaraan Ringan (LV)	73	53.3 %	0	-	54	39.4 %	10	7.3 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	3	75 %	1	25 %

4. Kendaraan dari Jalan Akordion

Tabel 4.4

Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Jalan Akordion

Waktu	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan Kendaraan					
		Lurus (Jl.Akordion Selatan)		Belok Kanan (Jl.Saxophone)		Belok Kiri (Jl. Candi Panggung Barat)	
		Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas
Pagi (06.00-07.00)	Sepeda Motor (MC)	903	71.5 %	65	5.1 %	296	23.4 %
	Kendaraan Ringan (LV)	128	59.5 %	2	0.9 %	85	39.6 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-
Siang (11.30-12.30)	Sepeda Motor (MC)	486	68.4 %	25	3.5 %	200	28.1 %
	Kendaraan Ringan (LV)	63	50 %	5	4 %	58	46 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-
Sore (15.30-16.30)	Sepeda Motor (MC)	674	67.2 %	42	4.2 %	287	28.6 %
	Kendaraan Ringan (LV)	38	31.4 %	9	7.4 %	74	61.2 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-

5. Kendaraan dari Jalan Simpang Akordion

Tabel 4.5

Probabilitas Arah Tujuan Kendaraan dari Simpang Akordion

Waktu	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan Kendaraan					
		Lurus (Jl.Akordion Selatan)		Belok Kanan (Jl.Saxophone)		Belok Kiri (Jl. Candi Panggung Barat)	
		Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas	Jumlah	Probabilitas
Pagi (06.00-07.00)	Sepeda Motor (MC)	61	27.6 %	28	12.7 %	132	59.7 %
	Kendaraan Ringan (LV)	4	57.1 %	1	14.3 %	1	28.6 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-
Siang (11.30-12.30)	Sepeda Motor (MC)	32	41 %	5	6.4 %	41	52.6 %
	Kendaraan Ringan (LV)	2	50 %	1	25 %	1	25 %
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-
Sore (15.30-16.30)	Sepeda Motor (MC)	37	28.9 %	23	18 %	68	53.1 %
	Kendaraan Ringan (LV)	2	28.6 %	0	-	5	71.4
	Kendaraan Berat (HV)	0	-	0	-	0	-

4.2.4 Data Waktu Tunggu Kendaraan

Data waktu tunggu kendaraan pada masing-masing ruas jalan dihitung dengan menggunakan *stopwatch*. Waktu tunggu didapatkan dari selisih antara waktu kendaraan datang yang kemudian berhenti dengan waktu kendaraan meninggalkan ruas jalan tersebut. Berikut merupakan data waktu tunggu kendaraan pada Jalan Saxophone, Jalan Candi Panggung Barat, Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion dan Simpang Akordion pada pagi hari (pukul 06.00 – 07.00), siang hari (pukul 11.30 – 12.30), dan sore hari (pukul 15.30 – 16.30). (Terlampir pada Lampiran 12)

4.3 Uji Kecukupan Data

Data waktu kendaraan berpindah dan data waktu lama kendaraan menunggu yang telah dikumpulkan perlu diuji apakah telah cukup atau tidak untuk digunakan pada pengolahan data dengan menggunakan uji kecukupan data pada rumus 2-1. Contoh perhitungan uji kecukupan data untuk data waktu kendaraan berpindah dari Jalan Saxophone menuju Jalan Candi Panggung Barat pada pukul 06.00-07.00:

$$k = 95 \% ; s = 5\%$$

$$N = 100$$

$$\sum X_i^2 = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_{100}^2 = 2928.9136$$

$$\sum X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_{100} = 525.92$$

$$(\sum X_i)^2 = (525.92)^2 = 276591.8464$$

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 = \left[\frac{\frac{2}{0.05} \sqrt{100 (2928.9136) - 276591.8464}}{525.92} \right]^2 = 94.3$$

Dari hasil perhitungan tersebut $N' (94.28775) < N (100)$ maka dapat disimpulkan bahwa jumlah data waktu kendaraan berpindah dari Jalan Saxophone menuju Jalan Candi Panggung Barat pada pukul 06.00-07.00 telah cukup. Berikut merupakan hasil uji kecukupan data untuk data waktu kendaraan yang bergerak ke ruas jalan tujuan.

1. Uji kecukupan data waktu kendaraan berpindah menuju ke ruas jalan tujuan

Tabel 4.6

Uji Kecukupan Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju ke Ruas Jalan Tujuan

No.	Jenis Data	N	N'	Keputusan
Jalan Saxophone Pukul 06.00 -07.00				
1.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	94.3	Cukup
2.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	97.9	Cukup
3.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	56	53.6	Cukup
Jalan Saxophone Pukul 11.30 -12.30				
4.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	92.8	Cukup
5.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	95.6	Cukup
6.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	63	56.8	Cukup
Jalan Saxophone Pukul 15.30 -16.30				
8.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	94.4	Cukup
9.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	95.2	Cukup
10.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	64	61.1	Cukup
Jalan Candi Panggung Barat Pukul 06.00 -07.00				
11.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	100	96.5	Cukup
12.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	96.4	Cukup
13.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	100	96.3	Cukup
14.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Simpang Akordion	27	22.3	Cukup
Jalan Candi Panggung Barat Pukul 11.30 -12.30				
15.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	100	95.5	Cukup
16.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	94.5	Cukup
17.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	100	95.2	Cukup

No.	Jenis Data	N	N'	Keputusan
18.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Simpang Akordion	23	18.8	Cukup
Jalan Candi Panggung Barat Pukul 15.30 -16.30				
19.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	100	94.7	Cukup
20.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	75.7	Cukup
21.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	100	95.5	Cukup
22.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Simpang Akordion	25	22.2	Cukup
Jalan Akordion Selatan Pukul 06.00 -07.00				
23.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	100	92.7	Cukup
24.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	73	69.1	Cukup
25.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	100	91.5	Cukup
26.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Simpang Akordion	18	16.7	Cukup
Jalan Akordion Selatan Pukul 11.30 -12.30				
27.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	100	94.5	Cukup
28.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	82.5	Cukup
29.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	100	83.4	Cukup
30.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Simpang Akordion	18	16.8	Cukup
Jalan Akordion Selatan Pukul 15.30 -16.30				
31.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	100	96.5	Cukup
32.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	97.2	Cukup
33.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion	100	77.2	Cukup
34.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Simpang Akordion	20	18.5	Cukup
Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 06.00 -07.00				
35.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	57	52.4	Cukup
36.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	94.6	Cukup
Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 11.30 -12.30				
37.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	32	28.7	Cukup
38.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	71.3	Cukup
Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 15.30 -16.30				
39.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Saxophone	45	42.3	Cukup
40.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Akordion Selatan	100	70.4	Cukup
Jalan Akordion Pukul 06.00 -07.00				
41.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	97.4	Cukup

No.	Jenis Data	N	N'	Keputusan
Jalan Akordion Pukul 11.30 -12.30				
42.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	97.2	Cukup
Jalan Akordion Pukul 15.30 -16.30				
43.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	89.8	Cukup
Jalan Simpang Akordion Pukul 06.00 -07.00				
44.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	100	84.6	Cukup
Jalan Simpang Akordion Pukul 11.30 -12.30				
45.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	38	31.9	Cukup
Jalan Simpang Akordion Pukul 15.30 -16.30				
46.	Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Candi Panggung Barat	60	56.7	Cukup

2. Uji kecukupan data waktu tunggu kendaraan

Tabel 4.7

Uji Kecukupan Data Waktu Tunggu Kendaraan

No.	Jenis Data	N	N'	Keputusan
Pukul 06.00 -07.00				
1.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Saxophone	30	28.1	Cukup
2.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat	30	29.8	Cukup
3.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Akordion Selatan	30	29.8	Cukup
4.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion	30	28.9	Cukup
Pukul 11.30 -12.30				
5.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Saxophone	30	27.8	Cukup
6.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat	30	29.1	Cukup
7.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Akordion Selatan	30	28.3	Cukup
8.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion	30	26.1	Cukup
Pukul 15.30 -16.30				
9.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Saxophone	30	28.6	Cukup
10.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat	30	28.6	Cukup
11.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Akordion Selatan	30	29	Cukup
12.	Data Waktu Tunggu Kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion	30	28.6	Cukup

4.4 Penentuan Distribusi Probabilitas Data

Distribusi data yang telah dikumpulkan untuk keperluan simulasi ditentukan dengan bantuan *Input Analyzer* pada *software* ARENA. Semakin besar nilai *square error* maka kecocokan distribusi semakin jauh dari data aktual. Jika *p-values* kurang dari 0.05 maka mengindikasikan bahwa distribusi yang terpilih tidak terlalu cocok.

4.4.1 Penentuan Distribusi Probabilitas Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan

Berikut ini merupakan hasil penentuan distribusi untuk data waktu antar kedatangan kendaraan dengan menggunakan *Input Analyzer*.

Tabel 4.8

Penentuan Distribusi untuk Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan

No.	Jenis Data	Distribusi Terpilih	Square Error	p-values
Pukul 06.00-07.00				
1.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Saxophone	LOGN (3.12, 4.21)	0.007545	0.00627 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
2.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Saxophone	1 + EXPO(18)	0.002729	0.577 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
3.	Waktu antar kedatangan kendaraan berat di Jalan Saxophone	3+GAMM(904, 0.436)	0.027721	> 0.15 (K-S)
4.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Candi Panggung Barat	40*BETA(0.487, 6.3)	0.004604	< 0.005 (<i>chi-square</i>) 0.102 (K-S)
5.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Candi Panggung Barat	1+LOGN(13.9, 17.1)	0.000781	0.255 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
6.	Waktu antar kedatangan kendaraan berat di Jalan Candi Panggung Barat	265+GAMM(1.26e+003, 0.343)	0.100582	> 0.15 (K-S)
7.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Akordion Selatan	LOGN(2.72, 2.92)	0.007315	< 0.005 (<i>chi-square</i>) 0.0726 (K-S)
8.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Akordion Selatan	1 + EXPO(27.2)	0.002519	0.585 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
9.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Akordion	46*BETA(0.381, 5.77)	0.001953	< 0.005 (<i>chi-square</i>) >0.15 (K-S)
10.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Akordion	1 + EXPO(15.7)	0.002096	0.126 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
11.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Simpang Akordion	EXPO(16.2)	0.001957	0.155 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
12.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Simpang Akordion	96+1.17e+003*BETA (0.282, 0.359)	0.058434	> 0.15 (K-S)
Pukul 11.30-12.30				
13.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Saxophone	44*BETA(0.363, 3.94)	0.005473	< 0.005 (<i>chi-square</i>) 0.0691 (K-S)
14.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Saxophone	1+ LOGN(17.5, 30.3)	0.002478	0.0999 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
15.	Waktu antar kedatangan kendaraan berat di Jalan Saxophone	327 + GAMM (1.16e + 003, 0.4)	0.069104	> 0.15 (K-S)
16.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Candi Panggung Barat	58*BETA(0.382, 5.33)	0.001834	0.263 (<i>chi-square</i>) < 0.01 (K-S)
17.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Candi Panggung Barat	LOGN(13, 16.1)	0.004528	0.00548 (<i>chi-square</i>) 0.132 (K-S)
18.	Waktu antar kedatangan kendaraan berat di Jalan Candi Panggung Barat	37+WEIB(228, 0.727)	0.031877	> 0.15 (K-S)
19.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Akordion Selatan	46*BETA(0.334, 4.19)	0.005372	< 0.005 (<i>chi-square</i>) 0.0696 (K-S)
20.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Akordion Selatan	1+WEIB(28.2, 0.884)	0.008914	0.0536 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
21.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Akordion	64*BETA(0.316, 3.68)	0.000580	0.491 (<i>chi-square</i>) < 0.01 (K-S)
22.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Akordion	GAMM(22.1, 1.26)	0.002383	0.733 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
23.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Simpang Akordion	EXPO(48.1)	0.002419	0.468 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
24.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Simpang Akordion	377+GAMM(493, 0.453)	0.072987	> 0.15 (K-S)

No.	Jenis Data	Distribusi Terpilih	Square Error	p-values
Pukul 15.30-16.30				
25.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Saxophone	52*BETA(0.386, 5.17)	0.001921	0.0934 (<i>chi-square</i>) < 0.01 (K-S)
26.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Saxophone	0.999 + LOGN(18.5, 42.2)	0.001337	0.169 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
27.	Waktu antar kedatangan kendaraan berat di Jalan Saxophone	UNIF(112, 964)	0.000000	> 0.15 (K-S)
28.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Candi Panggung Barat	44*BETA(0.376, 5.47)	0.009845	< 0.005 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
29.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Candi Panggung Barat	1 + WEIB(15.1, 1.08)	0.001863	0.505 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
30.	Waktu antar kedatangan kendaraan berat di Jalan Candi Panggung Barat	UNIF(541, 1.1e+003)	0.133333	> 0.15 (K-S)
31.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Akordion Selatan	LOGN(2.23, 2.19)	0.015883	0.0306 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
32.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Akordion Selatan	EXPO(26.3)	0.002701	0.704 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
33.	Waktu antar kedatangan kendaraan berat di Jalan Akordion Selatan	UNIF(286, 1.65e+003)	0.050000	> 0.15 (K-S)
34.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Akordion	49*BETA(0.459, 5.79)	0.006428	0.111 (<i>chi-square</i>) < 0.01 (K-S)
35.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Jalan Akordion	1 + WEIB(26.5, 0.87)	0.002299	0.426 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
36.	Waktu antar kedatangan sepeda motor di Jalan Simpang Akordion	139 * BETA (0.838, 3.31)	0.004068	0.113 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
37.	Waktu antar kedatangan kendaraan ringan di Simpang Akordion	53 + EXPO(451)	0.048622	> 0.15 (K-S)

4.4.2 Penentuan Distribusi Probabilitas Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Ruas Jalan Tujuan

Berikut ini merupakan hasil penentuan distribusi untuk data waktu kendaraan berpindah menuju ruas jalan tujuannya dengan menggunakan *Input Analyzer*.

Tabel 4.9

Penentuan Distribusi untuk Data Waktu Kendaraan Berpindah Menuju Jalan Tujuan

No.	Jenis Data	Distribusi Terpilih	Square Error	p-values
Dari Jalan Saxophone Pukul 06.00-07.00				
1.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	3+ 6 * BETA(1.56, 2.58)	0.002487	0.476 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
2.	Menuju Jalan Akordion Selatan	TRIA(2.05, 2.78, 6.89)	0.016954	0.52 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
3.	Menuju Jalan Akordion	0.86+WEIB(0.736, 2.55)	0.001583	> 0.75 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Saxophone Pukul 11.30-12.30				
4	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	2+3.52*BETA(1.26, 2.36)	0.006192	0.16 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
5.	Menuju Jalan Akordion Selatan	TRIA(1.36, 2.3, 5)	0.012088	0.447 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
6.	Menuju Jalan Akordion	1+ GAMM(0.161, 3.59)	0.006833	0.0825 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Saxophone Pukul 15.30-16.30				
7.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	TRIA(2, 3.24, 6.96)	0.007133	0.212 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
8.	Menuju Jalan Akordion Selatan	1.61+LOGN(1.63, 0.895)	0.004671	0.146 (<i>chi-square</i>)

No.	Jenis Data	Distribusi Terpilih	Square Error	p-values
				> 0.15 (K-S)
9.	Menuju Jalan Akordion	$0.73 + 1.67 * \text{BETA}(3.2, 3.9)$	0.003593	0.581 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Candi Panggung Barat Pukul 06.00-07.00				
10.	Menuju Jalan Saxophone	$2.07 + \text{LOGN}(1.99, 1.02)$	0.005026	0.198 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
11.	Menuju Jalan Akordion Selatan	$0.7 + \text{GAMM}(0.17, 4.63)$	0.004065	0.162 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
12.	Menuju Jalan Akordion	$\text{TRIA}(2, 4.31, 7.94)$	0.001382	0.72 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
13.	Menuju Jalan Simpang Akordion	$\text{TRIA}(1.24, 1.7, 2.17)$	0.008108	0.747 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Candi Panggung Barat Pukul 11.30-12.30				
14.	Menuju Jalan Saxophone	$1.53 + \text{GAMM}(0.353, 4.15)$	0.001552	0.719 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
15.	Menuju Jalan Akordion Selatan	$1.05 + 2.92 * \text{BETA}(2.33, 4.9)$	0.005286	> 0.75 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
16.	Menuju Jalan Akordion	$1.53 + \text{LOGN}(1.52, 0.767)$	0.005934	0.0203 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
17.	Menuju Jalan Simpang Akordion	$\text{TRIA}(1.41, 2.41, 2.53)$	0.004159	> 0.75 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Candi Panggung Barat Pukul 15.30-16.30				
18.	Menuju Jalan Saxophone	$2.36 + 5.62 * \text{BETA}(1.94, 2.55)$	0.003622	> 0.75 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
19.	Menuju Jalan Akordion Selatan	$1.01 + \text{GAMM}(0.178, 6.31)$	0.005880	0.148 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
20.	Menuju Jalan Akordion	$\text{NORM}(3.67, 0.944)$	0.010606	0.0321 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
21.	Menuju Jalan Simpang Akordion	$1.77 + 1.23 * \text{BETA}(1.81, 1.28)$	0.019264	0.188 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion Selatan Pukul 06.00-07.00				
22.	Menuju Jalan Saxophone	$1.04 + \text{GAMM}(0.198, 5.29)$	0.001526	0.267 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
23.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	$2 + \text{ERLA}(0.41, 4)$	0.003114	0.427 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
24.	Menuju Jalan Akordion	$1.59 + \text{GAMM}(0.369, 4.38)$	0.007376	0.0623 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
25.	Menuju Jalan Simpang Akordion	$2.45 + 1.55 * \text{BETA}(2.2, 1.19)$	0.007395	> 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion Selatan Pukul 11.30-12.30				
26.	Menuju Jalan Saxophone	$1 + 4.85 * \text{BETA}(3.41, 12.1)$	0.012425	0.0126 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
27.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	$1.5 + \text{GAMM}(0.347, 5.42)$	0.003426	> 0.75 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
28.	Menuju Jalan Akordion	$2 + \text{WEIB}(2.73, 2.53)$	0.001505	> 0.75 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
29.	Menuju Jalan Simpang Akordion	$2.19 + 3.81 * \text{BETA}(1.19, 1.19)$	0.007365	> 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion Selatan Pukul 15.30-16.30				
30.	Menuju Jalan Saxophone	$1 + \text{LOGN}(1.17, 0.533)$	0.006386	0.261 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
31.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	$2 + \text{GAMM}(0.605, 3.23)$	0.004723	0.562 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
32.	Menuju Jalan Akordion	$2 + \text{WEIB}(1.72, 1.95)$	0.001742	0.712 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
33.	Menuju Jalan Simpang Akordion	$\text{UNIF}(3, 4.49)$	0.025000	0.487 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 06.00-07.00				

No.	Jenis Data	Distribusi Terpilih	Square Error	p-values
34.	Menuju Jalan Saxophone	2.45 + WEIB(1.53, 2.08)	0.004714	0.18 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
35.	Menuju Jalan Akordion Selatan	2 + WEIB(2.62, 2.34)	0.008127	0.332 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 11.30-12.30				
36.	Menuju Jalan Saxophone	TRIA(2.71, 3.53, 5.52)	0.007924	0.331 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
37.	Menuju Jalan Akordion Selatan	2 + GAMM(0.392, 6.98)	0.019937	0.00544 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 15.30-16.30				
38.	Menuju Jalan Saxophone	2.3 + 2.7 * BETA(2.35, 2.6)	0.009422	0.182 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
39.	Menuju Jalan Akordion Selatan	2 + GAMM(0.379, 8.16)	0.002120	0.746 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion Pukul 06.00-07.00				
40.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	1.37 + LOGN(1.35, 0.75)	0.006705	0.342 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion Pukul 11.30-12.30				
41.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	1.42 + ERLA(0.391, 4)	0.004155	0.114 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Akordion Pukul 15.30-16.30				
42.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	1.53+LOGN(1.91, 0.893)	0.001853	> 0.75 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Simpang Akordion Pukul 06.00-07.00				
43.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	1+3.81*BETA(4.85, 10.4)	0.012507	0.00966 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Simpang Akordion Pukul 11.30-12.30				
44.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	1.48 + 1.5 * BETA (2.3, 2.98)	0.013219	0.278 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)
Dari Jalan Simpang Akordion Pukul 15.30-16.30				
45.	Menuju Jalan Candi Panggung Barat	1.18 + ERLA(0.162, 5)	0.005770	0.153 (<i>chi-square</i>) > 0.15 (K-S)

4.5 Model Konseptual Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung

Penggambaran model konseptual sistem arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung ini menggunakan *Activity Cycle Diagram*. Entitas yang terdapat pada sistem arus lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung terdiri atas entitas yang permanen dan sementara sebagai berikut.

Tabel 4.10

Daftar Entitas Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung

No.	Entitas	Kategori	Generate	Terminate
1.	Kendaraan	Sementara	✓	✓
2.	Ruas Jalan yang Dituju	Permanen		

Aktivitas pasif dan aktif yang terdapat pada sistem arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.11

Daftar Aktivitas Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung

No.	Aktivitas	Entitas yang Terlibat	Aktif	Pasif
1.	Menentukan ruas jalan tujuan	Kendaraan		✓
2.	Menunggu untuk berjalan	Kendaraan		✓

No.	Aktivitas	Entitas yang Terlibat	Aktif	Pasif
3.	Kendaraan berjalan menuju ke ruas jalan tujuan	Kendaraan, jalan yang dituju	✓	
4.	Jalan yang dituju <i>idle</i>	Ruas jalan yang dituju		✓

Kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone dan Jalan Candi Panggung Barat pada pukul 06.00-07.00 dan pukul 11.30-12.30 adalah sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat sedangkan kendaraan yang datang dari Jalan Akordion Selatan, Jalan Akordion, dan Jalan Simpang Akordion adalah sepeda motor dan kendaraan ringan. Pada pukul 15.30-16.30 terdapat kendaraan berat yang melintas di Jalan Akordion Selatan Berdasarkan daftar entitas di Tabel 4.10, diketahui bahwa kendaraan merupakan entitas permanen yang berperan sebagai *input* dan *output* sehingga pada *Activity Cycle Diagram* digambarkan dengan simbol *generate* dan *terminate*.

Kendaraan yang datang akan menentukan ruas jalan tujuannya dan termasuk dalam kondisi *standby/ready* kemudian apabila jalan pada persimpangan dalam kondisi yang sesuai untuk dilewati kendaraan maka kendaraan dapat berjalan menuju jalan tujuannya namun apabila persimpangan masih dilewati kendaraan dari jalan lain maka kendaraan perlu menunggu. Berikut merupakan *Activity Cycle Diagram* dari sistem lalu lintas persimpangan Tunggulwulung. (Terlampir pada Lampiran 13)

4.6 Pembuatan Model Simulasi Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung

Model simulasi sistem arus lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung ini menggunakan *software* ARENA. Pada umumnya, sistem arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 adalah sama. Perbedaan dari arus lalu lintas pada ketiga horizon waktu tersebut adalah jumlah kendaraan dan jenis kendaraan yang datang.

1. Module *create* menggambarkan kedatangan kendaraan dengan *time between arrivals* (waktu antar kedatangan) pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12
Modul *Create*

No.	Name	Entity Type	Keterangan	Entities per Arrival	Max Arrival	First Creation
1.	Kedatangan MC 1	MC 1	Sepeda motor yang datang dari Jalan Saxophone	1	<i>Infinite</i>	0.0
2.	Kedatangan LV 1	LV 1	Kendaraan ringan yang datang dari Jalan Saxophone	1	<i>Infinite</i>	0.0
3.	Kedatangan HV 1	HV 1	Kendaraan berat yang datang dari Jalan Saxophone	1	<i>Infinite</i>	0.0
4.	Kedatangan MC 2	MC 2	Sepeda motor yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat	1	<i>Infinite</i>	0.0

No.	Name	Entity Type	Keterangan	Entities per Arrival	Max Arrival	First Creation
5.	Kedatangan LV 2	LV 2	Kendaraan ringan yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat	1	Infinite	0.0
6.	Kedatangan HV 2	HV 2	Kendaraan berat yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat	1	Infinite	0.0
7.	Kedatangan MC 3	MC 3	Sepeda motor yang datang dari Jalan Akordion Selatan	1	Infinite	0.0
8.	Kedatangan LV 3	LV 3	Kendaraan ringan yang datang dari Jalan Akordion Selatan	1	Infinite	0.0
9.	Kedatangan HV 3	HV 3	Kendaraan berat yang datang dari Jalan Akordion Selatan	1	Infinite	0.0
10.	Kedatangan MC 4	MC 4	Sepeda motor yang datang dari Jalan Akordion	1	Infinite	0.0
11.	Kedatangan LV 4	LV 4	Kendaraan ringan yang datang dari Jalan Akordion	1	Infinite	0.0
12.	Kedatangan MC 5	MC 5	Sepeda motor yang datang dari Jalan Simpang Akordion	1	Infinite	0.0
13.	Kedatangan LV 5	LV 5	Kendaraan ringan yang datang dari Jalan Simpang Akordion	1	Infinite	0.0

Gambar 4.1 Contoh penggunaan modul *create* untuk pendefinisian kedatangan kendaraan

- Modul *decide* digunakan untuk menggambarkan tujuan kendaraan yang datang dengan menggunakan probabilitas sesuai dengan Tabel 4.1 – Tabel 4.5.

Gambar 4.2 Contoh penggunaan modul *decide* untuk mendefinisikan arah tujuan kendaraan

- Modul *assign* digunakan untuk memberi identitas entitas baru yaitu:

Tabel 4.13

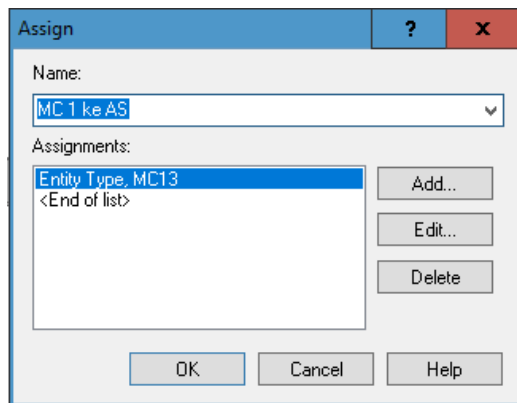
Entity Type pada Modul Assign

No.	Entity Type	Keterangan
1.	MC1-3	Sepeda motor dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
2.	LV1-3	Kendaraan ringan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion Selatan

No.	Entity Type	Keterangan
3.	HV1-3	Kendaraan berat dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
4.	MC1-2	Sepeda motor dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
5.	LV1-2	Kendaraan ringan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
6.	HV1-2	Kendaraan berat dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
7.	MC1-4	Sepeda motor dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion
8.	LV1-4	Kendaraan ringan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion
9.	HV1-4	Kendaraan berat dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion
10.	MC2-5	Sepeda motor dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Simpang Akordion
11.	MC2-4	Sepeda motor dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion
12.	LV2-4	Kendaraan ringan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion
13.	HV2-4	Kendaraan berat dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion
14.	MC2-1	Sepeda motor dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Saxophone
15.	LV2-1	Kendaraan ringan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Saxophone
16.	HV2-1	Kendaraan berat dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Saxophone
17.	MC2-3	Sepeda motor dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
18.	LV2-3	Kendaraan ringan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
19.	HV2-3	Kendaraan berat dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
20.	MC3-5	Sepeda motor dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion
21.	MC3-4	Sepeda motor dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Akordion
22.	LV3-4	Kendaraan ringan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion
23.	HV3-4	Kendaraan berat dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion
24.	MC3-2	Sepeda motor dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
25.	LV3-2	Kendaraan ringan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
26.	HV3-2	Kendaraan berat dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
27.	MC3-1	Sepeda motor dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Saxophone
28.	LV3-1	Kendaraan ringan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Saxophone
29.	HV3-1	Kendaraan berat dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Saxophone
30.	MC4-3	Sepeda motor dari Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
31.	LV4-3	Kendaraan ringan dari Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan

No.	Entity Type	Keterangan
32.	MC5-3	Sepeda motor dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
33.	LV5-3	Kendaraan ringan dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan
34.	MC4-1	Sepeda motor dari Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone
35.	LV4-1	Kendaraan ringan dari Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone
36.	MC5-1	Sepeda motor dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone
37.	LV5-1	Kendaraan ringan dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone
38.	MC4-2	Sepeda motor dari Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
39.	LV4-2	Kendaraan ringan dari Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat

Tujuan dari pendefinisian entitas baru ini adalah untuk mengetahui berapa jumlah sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat dari suatu ruas jalan menuju ruas jalan tujuannya.



Gambar 4.3 Contoh penggunaan modul *assign* untuk mendefinisikan nama entitas baru

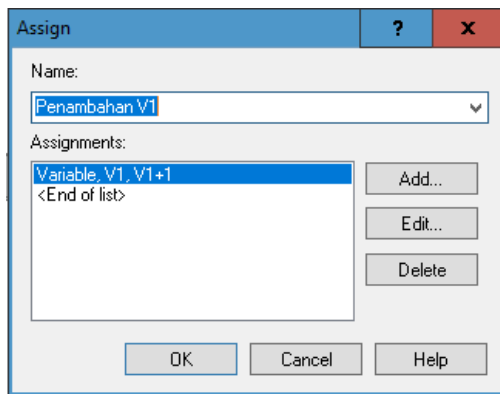
- Modul *assign* juga digunakan untuk mendefinisikan variabel pada simulasi yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.14

Variabel pada Modul *Assign*

No.	Variable Name	New Value	Keterangan
1.	V1	V1+1	V1 adalah seluruh kendaraan dari arah Jalan Saxophone
2.	V2	V2+1	V2 adalah seluruh kendaraan dari arah Jalan Candi Panggung Barat
3.	V3	V3+1	V3 adalah seluruh kendaraan dari arah Jalan Akordion Selatan
4.	V4V5	V4V5+1	V4V5 adalah seluruh kendaraan dari arah Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion

Variabel ini berfungsi untuk menunjukkan pertambahan jumlah kendaraan (V1, V2, V3, dan V4V5)



Gambar 4.4 Contoh penggunaan modul *assign* untuk pendefinisian variabel

5. Modul *decide* diperlukan untuk menentukan apakah kendaraan dapat berjalan menuju ruas jalan tujuannya atau masih harus menunggu hingga kondisi terpenuhi. Tanda (&&) menunjukkan dan, sedangkan tanda (||) menunjukkan atau. Kondisi berdasarkan arah tujuan kendaraan adalah sebagai berikut.

- a. Apakah V1 dapat menuju ruas jalan tujuan?

Value:

- 1) ((V1>V2 && V1>V3 && V1>V4V5 && (Entity.Type==MC1-3 || Entity.Type==LV1-3 || Entity.Type==HV1-3)) ||
- 2) (NQ(V2 ke S.Queue)==0 && NQ(V3 ke SA.Queue)==0 && NQ(V3 ke A.Queue)==0 && NQ(V4V5 ke S.Queue)==0 && NQ(V3 ke CP.Queue)==0 && (Entity.Type==MC1-3 || Entity.Type==LV1-3 || Entity.Type==HV1-3))) ||
- 3) ((V1>V2 && V1>V3 && V1>V4V5 && (Entity.Type==MC1-2 || Entity.Type==LV1-2 || Entity.Type==HV1-2)) ||
- 4) (NQ(V4V5 ke AS.Queue)==0 && NQ(V3 ke SA.Queue)==0 && NQ(V3 ke A.Queue)==0 && NQ(V2 ke SA.Queue)==0 && NQ(V2 ke A.Queue)==0 && NQ(V4V5 ke S.Queue)==0 && (Entity.Type==MC1-2 || Entity.Type==LV1-2 || Entity.Type==HV1-2))) ||
- 5) (NQ(V1 ke AS.Queue)>0 && Entity.Type==MC1-4) ||
- 6) (NQ(V1 ke CP.Queue)>0 && (Entity.Type==MC1-4 || Entity.Type==LV1-4 || Entity.Type==HV1-4))

Keterangan:

Kendaraan dari Jalan Saxophone akan menuju ruas jalan tujuan apabila:

- 1) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat (V2), Akordion Selatan (V3), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5) serta

berjenis entitas MC1-3 atau LV1-3 atau HV1-3 (kendaraan yang menuju Jalan Akordion Selatan), atau;

- 2)
 - a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V2 ke S.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone);
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion (NQ(V3 ke SA.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V3 ke A.Queue)==0) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Akordion);
 - d) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V4V5 ke S.Queue)==0) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Jalan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone);
 - e) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (NQ(V3 ke CP.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat), dan;
 - f) berjenis entitas MC1-3 atau LV1-3 atau HV1-3 (kendaraan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion Selatan), atau;
- 3) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat (V2), Akordion Selatan (V3), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5), serta MC1-2 atau LV1-2 atau HV1-2 (kendaraan yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat), atau;
- 4)
 - a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V4V5 ke AS.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan);

- b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion (NQ(V3 ke SA.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V3 ke A.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Akordion);
 - d) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion (NQ(V2 ke SA.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion);
 - e) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V2 ke A.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion);
 - f) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V4V5 ke S.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone), dan;
 - g) jenis entitasnya adalah MC1-2 atau LV1-2 atau HV1-2 (kendaraan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat), atau;
- 5) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V1 ke AS.Queue)) lebih dari 0 serta jenis entitasnya adalah MC1-4 (sepeda motor dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion), atau
- 6) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (NQ(V1 ke CP.Queue)) lebih dari 0 serta jenis entitasnya adalah MC1-4 atau LV1-4 atau HV1-4 (kendaraan dari Jalan Saxophone yang menuju ke Jalan Akordion)
- b. Apakah V2 dapat menuju ruas jalan tujuan?

Value:

- 1) (V2>V1 && V2>V3 && V2>V4V5 && Entity.Type==MC2-5) ||

- 2) $(NQ(V1 \text{ ke } CP.Queue) == 0 \ \&\& \ NQ(V3 \text{ ke } CP.Queue) == 0 \ \&\& \ NQ(V4V5 \text{ ke } S.Queue) == 0 \ \&\& \ Entity.Type == MC2-5)) \parallel$
- 3) $(V2 > V1 \ \&\& \ V2 > V3 \ \&\& \ V2 > V4V5 \ \&\& \ (Entity.Type == MC2-4 \parallel Entity.Type == LV2-4 \parallel Entity.Type == HV2-4)) \parallel$
- 4) $(NQ(V1 \text{ ke } CP.Queue) == 0 \ \&\& \ NQ(V3 \text{ ke } CP.Queue) == 0 \ \&\& \ NQ(V4V5 \text{ ke } S.Queue) == 0 \ \&\& \ (Entity.Type == MC2-4 \parallel Entity.Type == LV2-4 \parallel Entity.Type == HV2-4)) \parallel$
- 5) $(V2 > V1 \ \&\& \ V2 > V3 \ \&\& \ V2 > V4V5 \ \&\& \ (Entity.Type == MC2-1 \parallel Entity.Type == LV2-1 \parallel Entity.Type == HV2-1)) \parallel$
- 6) $(NQ(V4V5 \text{ ke } AS.Queue) == 0 \ \&\& \ NQ(V3 \text{ ke } CP.Queue) == 0 \ \&\& \ NQ(V1 \text{ ke } AS.Queue) == 0 \ \&\& \ (Entity.Type == MC2-1 \parallel Entity.Type == LV2-1 \parallel Entity.Type == HV2-1)) \parallel$
- 7) $(NQ(V2 \text{ ke } SA.Queue) > 0 \ \&\& \ NQ(V2 \text{ ke } A.Queue) > 0 \ \&\& \ Entity.Type == MC2-3) \parallel$
- 8) $(NQ(V2 \text{ ke } S.Queue) > 0 \ \&\& \ (Entity.Type == MC2-3 \parallel Entity.Type == LV2-3 \parallel Entity.Type == HV2-3))$

Keterangan:

Kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat akan menuju ruas jalan tujuan apabila:

- 1) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat (V2) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Akordion Selatan (V3), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5) serta berjenis entitas MC2-5 (sepeda motor dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Simpang Akordion), atau;
- 2) a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat ($NQ(V1 \text{ ke } CP.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
 b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat ($NQ(V3 \text{ ke } CP.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
 c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone ($NQ(V4V5 \text{ ke } S.Queue)$) sama

- dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone), dan;
- d) jenis entitasnya adalah MC2-5 (sepeda motor dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Simpang Akordion), atau;
- 3) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat (V2) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Akordion Selatan (V3), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5) serta berjenis entitas MC2-4 atau LV2-4 atau HV2-4 (kendaraan yang menuju ke Jalan Akordion), atau;
- 4) a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (NQ(V1 ke CP.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (NQ(V3 ke CP.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V4V5 ke S.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone), dan;
 - d) jenis entitasnya adalah MC2-4 atau LV2-4 atau HV2-4 (kendaraan dari jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion), atau;
- 5) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Candi Panggung Barat (V2) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Akordion Selatan (V3), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5), serta berjenis entitas MC2-1 atau LV2-1 atau HV2-1 (kendaraan yang menuju ke Jalan Saxophone), atau;
- 6) a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V4V5 ke AS.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan);
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (NQ(V3 ke CP.Queue)) sama dengan 0

- (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
- c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V1 ke AS.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan), dan;
 - d) jenis entitasnya adalah MC2-1 atau LV2-1 atau HV2-1 (kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Saxophone), atau;
- 7) a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Simping Akordion (NQ(V2 ke SA.Queue)) lebih dari 0;
- b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V2 ke A.Queue)) lebih dari 0, dan;
 - c) jenis entitasnya adalah MC2-3 atau LV2-3 atau HV2-3 (kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion Selatan), atau;
- 8) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V2 ke S.Queue)) lebih dari 0 dan berjenis entitas MC2-3 atau LV2-3 atau HV2-3 (kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang menuju ke Jalan Akordion Selatan).
- c. Apakah V3 dapat menuju ruas jalan tujuan?

Value:

- 1) (V3>V1 && V3>V2 && V3>V4V5 && Entity.Type==MC3-5) ||
- 2) (NQ(V1 ke CP.Queue)==0 && NQ(V2 ke S.Queue)==0 && NQ(V1 ke AS.Queue)==0 && NQ(V4V5 ke S.Queue)==0 && Entity.Type==MC3-5) ||
- 3) (V3>V1 && V3>V2 && V3>V4V5 && (Entity.Type==MC3-4 || Entity.Type==LV3-4)) ||
- 4) (NQ(V1 ke CP.Queue)==0 && NQ(V2 ke S.Queue)==0 && NQ(V1 ke AS.Queue)==0 && NQ(V4V5 ke S.Queue)==0 && (Entity.Type==MC3-4 || Entity.Type==LV3-4)) ||
- 5) (V3>V1 && V3>V2 && V3>V4V5 && (Entity.Type==MC3-2 || Entity.Type==LV3-2)) ||
- 6) (NQ(V2 ke SA.Queue) == 0 && NQ(V2 ke A.Queue) == 0 && NQ(V1 ke AS.Queue)==0 && NQ(V2 ke S.Queue)==0 && NQ(V4V5 ke S.Queue)==0 && (Entity.Type==MC3-2 || Entity.Type==LV3-2)) ||

- 7) $(NQ(V3 \text{ ke } SA.Queue) > 0 \ \&\& \ NQ(V3 \text{ ke } A.Queue) > 0 \ \&\& \ (Entity.Type == MC3-1 \parallel Entity.Type == LV3-1)) \parallel$
- 8) $(NQ(V3 \text{ ke } CP.Queue) > 0 \ \&\& \ (Entity.Type == MC3-1 \parallel Entity.Type == LV3-1))$

Keterangan:

Kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat akan menuju ruas jalan tujuan apabila:

- 1) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Akordion Selatan (V3) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Candi Panggung Barat (V2), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5), serta berjenis entitas MC3-5 (sepeda motor dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion), atau;
- 2)
 - a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat ($NQ(V1 \text{ ke } CP.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone ($NQ(V2 \text{ ke } S.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan ($NQ(V1 \text{ ke } AS.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan), dan;
 - d) jenis entitasnya adalah MC3-5 (sepeda motor dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion), atau;
- 3) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Akordion Selatan (V3) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Candi Panggung Barat (V2), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5), serta berjenis entitas MC3-4 atau LV3-4 (kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Akordion), atau;
- 4)
 - a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat ($NQ(V1 \text{ ke } CP.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);

- b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V2 ke S.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V1 ke AS.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan);
 - d) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V4V5 ke S.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan), dan;
 - e) jenis entitasnya adalah MC3-4 atau LV3-4 atau HV3-4 (kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Akordion), atau;
- 5) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Akordion Selatan (V3) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Candi Panggung Barat (V2), Akordion dan Simpang Akordion (V4V5), serta berjenis entitas MC3-2 atau LV3-2 (kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat), atau;
- 6) a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion (NQ(V2 ke SA.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion);
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V2 ke A.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V1 ke AS.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan);
 - d) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V2 ke S.Queue)) sama dengan 0 (tidak

ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone);

- e) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone (NQ(V4V5 ke S.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone), dan;
 - f) jenis entitasnya adalah MC3-2 atau LV3-2 atau HV3-2 (kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat), atau;
- 7) a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion (NQ(V3 ke SA.Queue)) lebih dari 0;
- b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V3 ke A.Queue)) lebih dari 0, dan;
- c) jenis entitasnya adalah MC3-1 atau LV3-1 atau HV3-1 (kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Saxophone), atau;
- 8) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat lebih dari 0 dan berjenis entitas MC3-1 atau LV3-1 atau HV3-1 (kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Saxophone).
- d. Apakah V45 dapat menuju ruas jalan tujuan?

Value:

- 1) (V4V5>V1 && V4V5>V2 && V4V5>V3 && (Entity.Type==MC4-3 || Entity.Type==LV4-3 || Entity.Type==MC5-3 || Entity.Type==LV5-3)) ||
- 2) (NQ(V1 ke CP.Queue)==0 && NQ(V2 ke S.Queue)==0 && NQ(V2 ke A.Queue)==0 && NQ(V3 ke SA.Queue)==0 && NQ(V3 ke CP.Queue)==0 && (Entity.Type==MC4-3 || Entity.Type==LV4-3 || Entity.Type==MC5-3 || Entity.Type==LV5-3)) ||
- 3) (V4V5>V1 && V4V5>V2 && V4V5>V3 && (Entity.Type==MC4-1 || Entity.Type==LV4-1 || Entity.Type==MC5-1 || Entity.Type==LV5-1)) ||
- 4) (NQ(V1 ke CP.Queue)==0 && NQ(V1 ke AS.Queue)==0 && NQ(V3 ke A.Queue)==0 && NQ(V2 ke SA.Queue)==0 && NQ(V2 ke A.Queue)==0 && (Entity.Type==MC4-1 || Entity.Type==LV4-1 || Entity.Type==MC5-1 || Entity.Type==LV5-1)) ||

- 5) $(NQ(V4V5 \text{ ke } AS.Queue) > 0 \ \&\& \ NQ(V4V5 \text{ ke } S.Queue) > 0 \ \&\& \ (Entity.Type == MC4-2 \ || \ Entity.Type == LV4-2))$

Keterangan:

Kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat akan menuju ruas jalan tujuan apabila:

- 1) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion (V4V5) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Candi Panggung Barat (V2) dan Akordion Selatan (V3), serta berjenis entitas MC4-3 atau LV4-3 atau MC5-3 atau LV5-3 (kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan), atau;
- 2)
 - a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat ($NQ(V1 \text{ ke } CP.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone ($NQ(V2 \text{ ke } S.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Saxophone);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion ($NQ(V2 \text{ ke } A.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion);
 - d) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion ($NQ(V3 \text{ ke } SA.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion);
 - e) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat ($NQ(V3 \text{ ke } CP.Queue)$) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat), dan;
 - f) jenis entitasnya adalah MC4-3 atau LV4-3 (kendaraan dari Jalan Akordion menuju ke Jalan Akordion Selatan) atau MC5-3 atau LV5-3 (kendaraan dari Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Akordion Selatan), atau;

- 3) jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion (V4V5) lebih besar daripada jumlah kendaraan yang datang dari Jalan Saxophone (V1), Candi Panggung Barat (V2) dan Akordion Selatan (V3) serta berjenis entitas MC4-1 atau LV4-1 atau MC5-1 atau LV5-1 (kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone), atau;
- 4)
 - a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (NQ(V1 ke CP.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat);
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan (NQ(V1 ke AS.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Saxophone yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan);
 - c) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V3 ke A.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang sedang menuju ke Jalan Akordion);
 - d) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion (NQ(V2 ke SA.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Simpang Akordion);
 - e) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion (NQ(V2 ke A.Queue)) sama dengan 0 (tidak ada kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang sedang menuju ke Jalan Akordion), dan;
 - f) jenis entitasnya adalah MC4-1 atau LV4-1 atau MC5-1 atau LV5-1 (kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone), atau;
- 5)
 - a) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Akordion Selatan lebih dari 0;
 - b) jumlah antrian kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang sedang menuju ke Jalan Saxophone lebih dari 0, dan;

- c) jenis entitasnya adalah MC4-2 atau LV4-2 (kendaraan dari Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Candi Panggung Barat).

Gambar 4.5 Contoh penggunaan modul *decide* untuk menentukan kondisi berjalan dan tunggu kendaraan

6. Modul *hold* digunakan untuk menggambarkan proses menunggu apabila kondisi persimpangan pada modul *decide* sebelumnya belum terpenuhi. Modul *hold* digunakan dengan tipe *scan condition* yang diisi sesuai logika yang sama dengan modul *decide* di poin 5.

Gambar 4.6 Contoh penggunaan modul *hold* untuk menahan kendaraan hingga kondisi terpenuhi

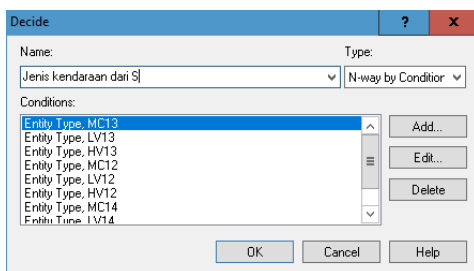
7. Modul *decide* diperlukan lagi untuk menentukan jenis kendaraan yang lewat dan penentuan proses selanjutnya untuk masing-masing jenis entitas.

Tabel 4.15

Modul *Decide* Menentukan Jenis Kendaraan

No.	Name	Conditions
1.	Jenis kendaraan dari Jalan Saxophone	a. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC1-3, LV1-3, atau HV1-3 maka akan menuju ke proses V1 ke AS b. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC1-2, LV1-2, atau HV1-2 maka akan menuju ke proses V1 ke CP c. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC1-4, LV1-4, atau HV1-4 maka akan menuju ke proses V1 ke A
2.	Jenis kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat	a. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC2-5 maka akan menuju ke proses V2 ke SA b. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC1-4, LV1-4, atau HV1-4 maka akan menuju ke proses V2 ke A

No.	Name	Conditions
		c. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC2-1, LV2-1, atau HV2-1 maka akan menuju ke proses V2 ke S d. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC2-3, LV2-3, atau HV2-3 maka akan menuju ke proses V2 ke AS
3.	Jenis kendaraan dari Jalan Akordion Selatan	a. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC3-5 maka akan menuju ke proses V3 ke SA b. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC3-4, LV3-4, atau HV3-4 maka akan menuju ke proses V3 ke A c. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC3-1, LV3-1, atau HV3-1 maka akan menuju ke proses V2 ke S d. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC3-2, LV3-2, atau HV3-2 maka akan menuju ke proses V3 ke CP
4.	Jenis kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion	a. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC4-3, LV4-3, MC5-3, atau LV5-3 maka akan menuju ke proses V4V5 ke AS b. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC4-1, LV4-1, MC5-1, atau LV5-1 maka akan menuju ke proses V4V5 ke S c. Jika jenis kendaraan yang masuk adalah MC4-2 atau LV4-2 maka akan menuju ke proses V4 ke CP



Gambar 4.7 Contoh penggunaan modul *decide* untuk menentukan jenis kendaraan

8. Modul *process* menggambarkan proses berpindahnya kendaraan dari satu ruas jalan menuju ruas jalan tujuannya dengan asumsi terdapat satu *resource*. Kapasitas *resource* hanya satu karena jalur yang dilewati diasumsikan hanya dapat dilalui satu kendaraan saja.

Tabel 4.16
Modul Proses

No.	Name	Resources	Keterangan
1.	V1 ke AS	Jalan ke AS	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Saxophone menuju ke Jalan Akordion Selatan
2.	V1 ke CP	Jalan ke CP	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Saxophone menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
3.	V1 ke A	Jalan ke A	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Saxophone menuju ke Jalan Akordion
4.	V2 ke SA	Jalan ke SA	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Simpang Akordion

No.	Name	Resources	Keterangan
5.	V2 ke A	Jalan ke A	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Akordion
6.	V2 ke S	Jalan ke S	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Saxophone
7.	V2 ke AS	Jalan ke AS	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Akordion Selatan
8.	V3 ke SA	Jalan ke SA	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Simpang Akordion
9.	V3 ke A	Jalan ke A	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Akordion
10.	V3 ke CP	Jalan ke CP	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
11.	V3 ke S	Jalan ke S	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Saxophone
12.	V45 ke AS	Jalan ke AS	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion menuju ke Jalan Akordion Selatan
13.	V45 ke S	Jalan ke S	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion menuju ke Jalan Saxophone
14.	V4 ke CP	Jalan ke CP	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Akordion menuju ke Jalan Candi Panggung Barat
15.	V5 ke CP	Jalan ke CP	Proses untuk kendaraan yang berjalan dari Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Candi Panggung Barat

Gambar 4.8 Contoh penggunaan modul *process* untuk mendefinisikan proses berpindahnya kendaraan menuju ruas jalan tujuan

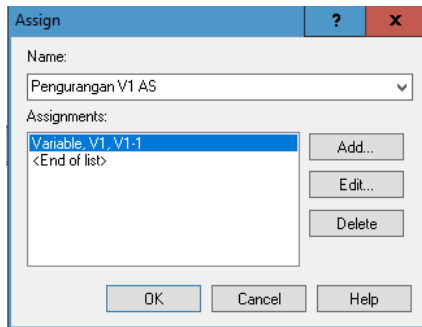
- Modul *assign* digunakan kembali untuk pengurangan variabel agar dapat mengetahui berapa sisa kendaraan yang masih belum menuju ke ruas jalan tujuannya.

Tabel 4.17

Pengurangan Variabel pada Modul *Assign*

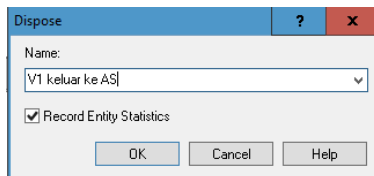
No.	Variable Name	New Value	Keterangan
1.	V1	V1-1	Pengurangan kendaraan dari Jalan Saxophone yang telah keluar sistem

No.	Variable Name	New Value	Keterangan
2.	V2	V2-1	Pengurangan kendaraan dari Jalan Candi Panggung Barat yang telah keluar sistem
3.	V3	V3-1	Pengurangan kendaraan dari Jalan Akordion Selatan yang telah keluar sistem
4.	V4V5	V4V5-1	Pengurangan kendaraan dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion yang telah keluar sistem



Gambar 4.9 Penggunaan modul *assign* untuk mendefinisikan pengurangan variabel

10. Modul *dispose* digunakan untuk kondisi entitas keluar dari sistem.



Gambar 4.10 Contoh penggunaan modul *dispose*

Tampilan model simulasi arus lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung terlampir dalam Lampiran 14 – 16.

4.7 Verifikasi

Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi sesuai dengan model konseptual atau spesifikasi dari model yang diinginkan.

1. Pemeriksaan satuan waktu

- a. Modul *create (arrivals)*

Create - Basic Process					
	Name	Entity Type	Type	Expression	Units
1	Kedatangan MC 1	MC 1	Expression	LOGN (3.12, 4.21)	Seconds
2	Kedatangan LV 1	LV 1	Expression	1 + EXPO(18)	Seconds
3	Kedatangan HV 1	HV 1	Expression	3 + GAMM(904, 0.436)	Seconds
4	Kedatangan MC 2	MC 2	Expression	40 * BETA(0.487, 6.3)	Seconds
5	Kedatangan LV 2	LV 2	Expression	1 + LOGN(13.9, 17.1)	Seconds
6	Kedatangan MC 3	MC 3	Expression	LOGN(2.72, 2.92)	Seconds
7	Kedatangan LV 3	LV 3	Expression	1 + EXPO(27.2)	Seconds
8	Kedatangan hV 2	HV 2	Expression	265 + GAMM(1.26e + 003, 0.343)	Seconds
9	Kedatangan MC 4	MC 4	Expression	46 * BETA(0.381, 5.77)	Seconds
10	Kedatangan LV 4	LV 4	Expression	1 + EXPO(15.7)	Seconds
11	Kedatangan MC 5	MC 5	Expression	EXPO(16.2)	Seconds
12	Kedatangan LV 5	LV 5	Expression	96 + 1.17e+003 * BETA (0.282, 0.359)	Seconds

(a)

Create - Basic Process					
	Name	Entity Type	Type	Expression	Units
1	Kedatangan MC 1	MC 1	Expression	$44 * \text{BETA}(0.363, 3.94)$	Seconds
2	Kedatangan LV 1	LV 1	Expression	$1 + \text{LOGN}(17.5, 30.3)$	Seconds
3	Kedatangan HV 1	HV 1	Expression	$327 + \text{GAMM}(1.16e + 003, 0.4)$	Seconds
4	Kedatangan MC 2	MC 2	Expression	$58 * \text{BETA}(0.382, 5.33)$	Seconds
5	Kedatangan LV 2	LV 2	Expression	$\text{LOGN}(13, 16.1)$	Seconds
6	Kedatangan MC 3	MC 3	Expression	$46 * \text{BETA}(0.334, 4.19)$	Seconds
7	Kedatangan LV 3	LV 3	Expression	$1 + \text{WEIB}(28.2, 0.884)$	Seconds
8	Kedatangan HV 2	HV 2	Expression	$37 + \text{WEIB}(228, 0.727)$	Seconds
9	Kedatangan MC 4	MC 4	Expression	$64 * \text{BETA}(0.316, 3.68)$	Seconds
10	Kedatangan LV 4	LV 4	Expression	$\text{GAMM}(22.1, 1.26)$	Seconds
11	Kedatangan MC 5	MC 5	Expression	$\text{EXPO}(48.1)$	Seconds
12	Kedatangan LV 5	LV 5	Expression	$377 + \text{GAMM}(493, 0.453)$	Seconds

(b)

Create - Basic Process					
	Name	Entity Type	Type	Expression	Units
1	Kedatangan MC 1	MC 1	Expression	$52 * \text{BETA}(0.386, 5.17)$	Seconds
2	Kedatangan LV 1	LV 1	Expression	$0.999 + \text{LOGN}(18.5, 42.2)$	Seconds
3	Kedatangan HV 1	HV 1	Expression	$\text{UNIF}(112, 964)$	Seconds
4	Kedatangan MC 2	MC 2	Expression	$44 * \text{BETA}(0.376, 5.47)$	Seconds
5	Kedatangan LV 2	LV 2	Expression	$1 + \text{WEIB}(15.1, 1.08)$	Seconds
6	Kedatangan MC 3	MC 3	Expression	$\text{LOGN}(2.23, 2.19)$	Seconds
7	Kedatangan LV 3	LV 3	Expression	$\text{EXPO}(26.3)$	Seconds
8	Kedatangan HV 2	HV 2	Expression	$\text{UNIF}(541, 1.1e+003)$	Seconds
9	Kedatangan MC 4	MC 4	Expression	$49 * \text{BETA}(0.459, 5.79)$	Seconds
10	Kedatangan LV 4	LV 4	Expression	$1 + \text{WEIB}(26.5, 0.87)$	Seconds
11	Kedatangan MC 5	MC 5	Expression	$139 * \text{BETA}(0.838, 3.31)$	Seconds
12	Kedatangan LV 5	LV 5	Expression	$53 + \text{EXPO}(451)$	Seconds
13	Kedatangan HV 3	HV 3	Expression	$\text{UNIF}(286, 1.65e+003)$	Seconds

(c)

Gambar 4.11 Pemeriksaan satuan waktu pada model simulasi (a) pagi hari, (b) siang hari, (c) sore hari

Satuan waktu untuk kedatangan kendaraan baik sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat pada pagi hari, siang hari, dan sore hari adalah detik (*seconds*).

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa satuan waktu kedatangan pada model simulasi di ARENA telah menggunakan detik (*seconds*). Selain itu pada kolom *Expression*, nilai distribusi yang dimasukkan telah sesuai dengan hasil dari *Input Analyzer* pada Tabel 4.8.

b. Modul *process*

Process - Basic Process									
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Expression
1	V1 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{TRIA}(2.05, 2.78, 6.89)$
2	V1 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$3 + 6 * \text{BETA}(1.56, 2.58)$
3	V1 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$0.86 + \text{WEIB}(0.736, 2.55)$
4	V2 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{TRIA}(2, 4.31, 7.94)$
5	V2 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2.07 + \text{LOGN}(1.99, 1.02)$
6	V2 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$0.7 + \text{GAMM}(0.17, 4.63)$
7	V3 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.59 + \text{GAMM}(0.369, 4.38)$
8	V2 ke SA	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{TRIA}(1.24, 1.7, 2.17)$
9	V3 ke SA	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2.45 + 1.55 * \text{BETA}(2.2, 1.19)$
10	V3 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + \text{ERLA}(0.41, 4)$
11	V3 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.04 + \text{GAMM}(0.198, 5.29)$
12	V4 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2.45 + \text{WEIB}(1.53, 2.08)$
13	V4 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + \text{WEIB}(2.62, 2.34)$
14	V4 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.37 + \text{LOGN}(1.35, 0.75)$
15	V5 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1 + 3.81 * \text{BETA}(4.85, 10.4)$

(a)

Process - Basic Process									
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Expression
1	V1 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{TRIA}(1.36, 2.3, 5)$
2	V1 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + 3.52 * \text{BETA}(1.26, 2.36)$
3	V1 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1 + \text{GAMM}(0.161, 3.59)$
4	V2 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.53 + \text{LOGN}(1.52, 0.767)$
5	V2 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.53 + \text{GAMM}(0.353, 4.15)$
6	V2 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.05 + 2.92 * \text{BETA}(2.33, 4.9)$
7	V3 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + \text{WEB}(1.72, 1.95)$
8	V2 ke SA	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{TRIA}(1.41, 2.41, 2.53)$
9	V3 ke SA	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2.19 + 3.81 * \text{BETA}(1.19, 1.19)$
10	V3 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.5 + \text{GAMM}(0.347, 5.42)$
11	V3 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1 + 4.85 * \text{BETA}(3.41, 12.1)$
12	V4 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{TRIA}(2.71, 3.53, 5.52)$
13	V4 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + \text{GAMM}(0.392, 6.98)$
14	V4 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.42 + \text{ERLA}(0.391, 4)$
15	V5 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.48 + 1.5 * \text{BETA}(2.3, 2.98)$

(b)

Process - Basic Process									
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Expression
1	V1 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.61 + \text{LOGN}(1.63, 0.895)$
2	V1 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{TRIA}(2, 3.24, 6.96)$
3	V1 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$0.73 + 1.67 * \text{BETA}(3.2, 3.9)$
4	V2 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{NORM}(3.67, 0.944)$
5	V2 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2.36 + 5.62 * \text{BETA}(1.94, 2.55)$
6	V2 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.01 + \text{GAMM}(0.178, 6.31)$
7	V3 ke A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + \text{WEB}(1.72, 1.95)$
8	V2 ke SA	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.77 + 1.23 * \text{BETA}(1.81, 1.28)$
9	V3 ke SA	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$\text{UNIF}(3, 4.49)$
10	V3 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + \text{GAMM}(0.605, 3.23)$
11	V3 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1 + \text{LOGN}(1.17, 0.533)$
12	V4 ke S	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2.3 + 2.7 * \text{BETA}(2.35, 2.6)$
13	V4 ke AS	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$2 + \text{GAMM}(0.379, 8.16)$
14	V4 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.53 + \text{LOGN}(1.91, 0.893)$
15	V5 ke CP	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Seconds	Transfer	$1.18 + \text{ERLA}(0.162, 5)$

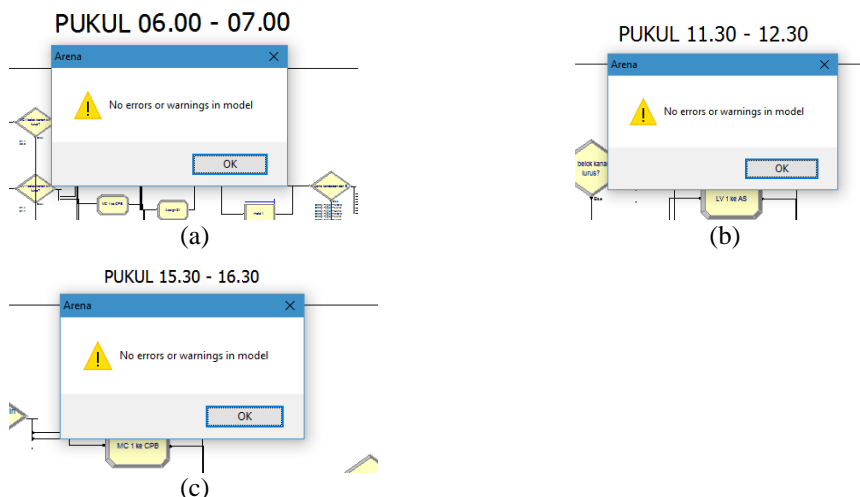
(c)

Gambar 4.12 Pemeriksaan satuan waktu pada modul *process* (a) pagi hari, (b) siang hari, (c) sore hari

Satuan waktu untuk proses berpindahya kendaraan dari suatu ruas jalan menuju ruas jalan lainnya pada pagi hari, siang hari, dan sore hari adalah menggunakan satuan detik (*seconds*). Gambar 4.12 menunjukkan bahwa satuan waktu untuk proses pada model simulasi di ARENA telah menggunakan detik (*seconds*) dan *Expression* yang digunakan telah sesuai dengan hasil *Input Analyzer* pada Tabel 4.9.

2. Pemeriksaan *error* pada model simulasi

Pemeriksaan *error* pada model simulasi biasa disebut dengan *compile error* dan bertujuan untuk mendeteksi kesalahan pada model simulasi dengan menekan F4.



Gambar 4.13 *Compile error* pada model simulasi (a) pagi hari, (b) siang hari, dan (c) sore hari

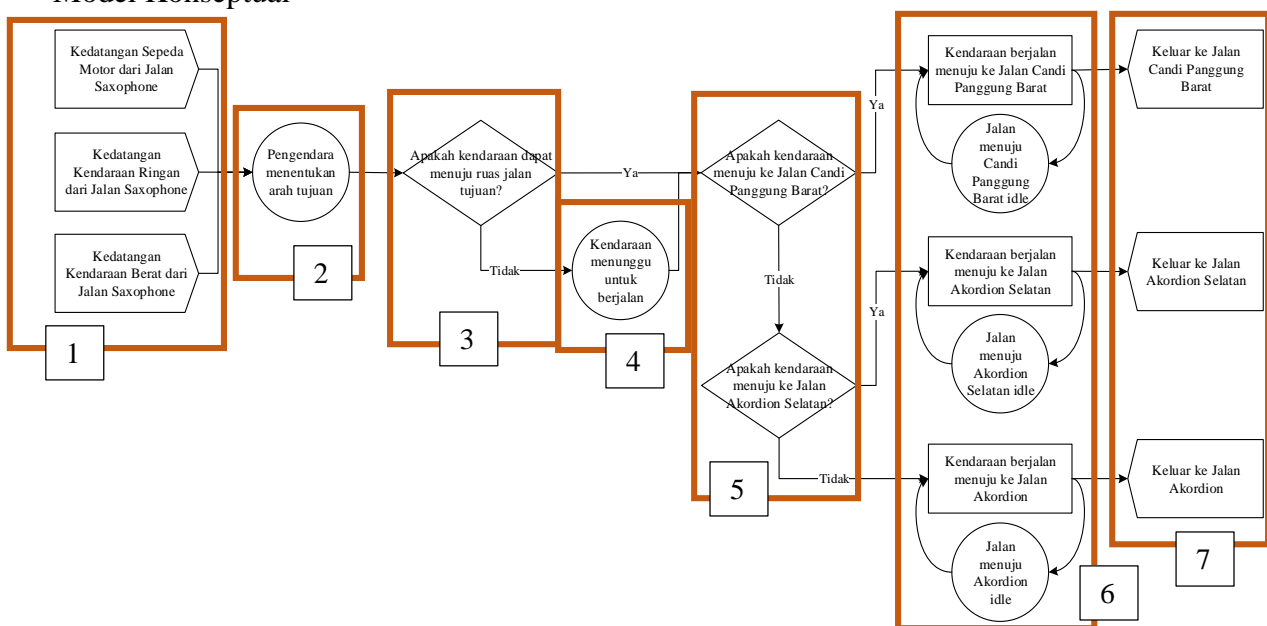
Gambar 4.13 menunjukkan bahwa setelah menekan F4 untuk *compile error* pada program simulasi arus lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung pada pagi hari, siang hari, dan sore hari, terdapat *dialog box* “no errors or warnings in model” yang menunjukkan tidak ada *error* pada model simulasi yang telah dibuat.

3. Membandingkan model simulasi dengan model konseptual

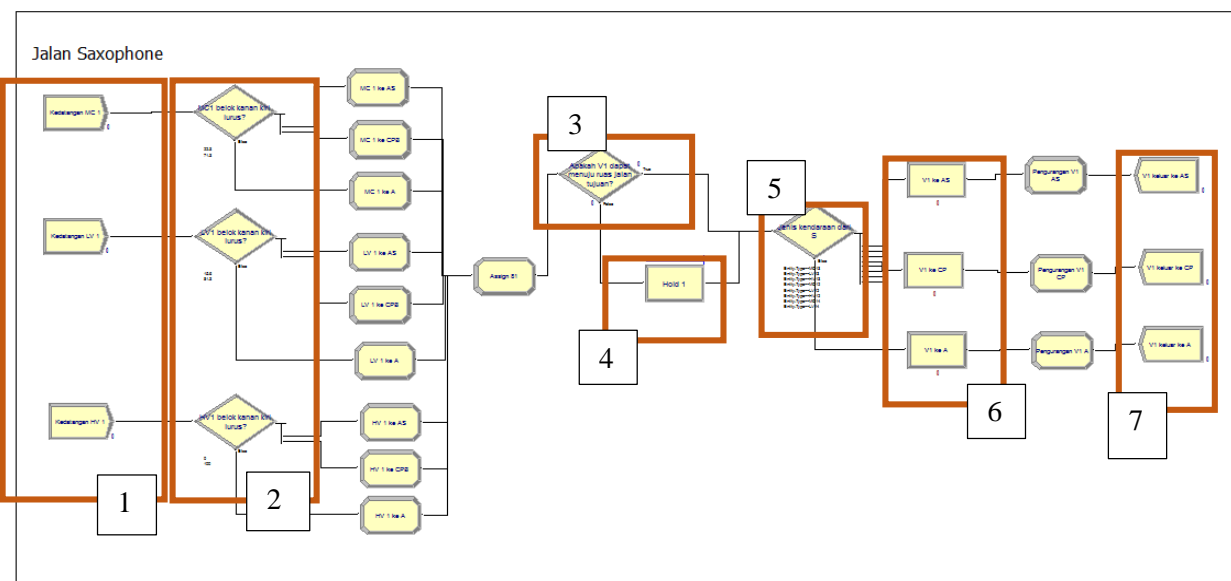
Model konseptual yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Activity Cycle Diagram* (ACD). Pembuatan model simulasi dan konseptual untuk arus lalu lintas pada pagi hari, siang hari, dan sore hari adalah sama.

Jalan Saxophone

Model Konseptual



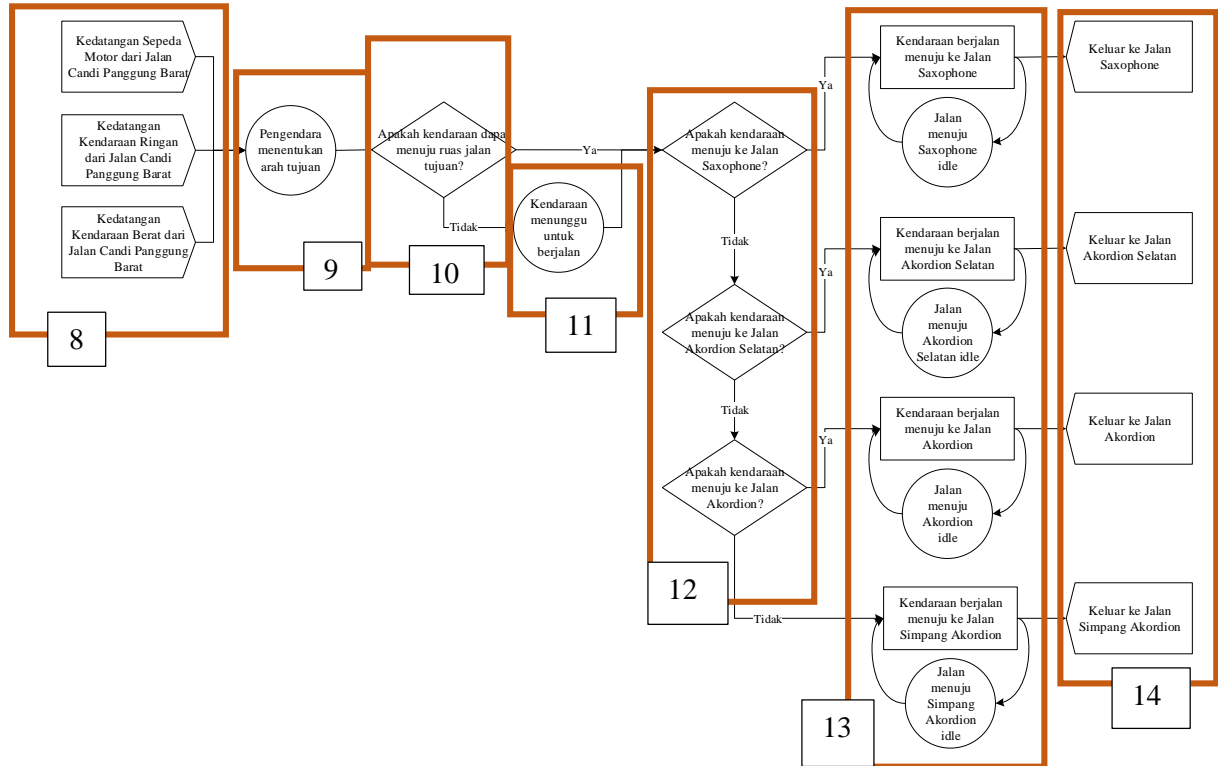
Model Simulasi



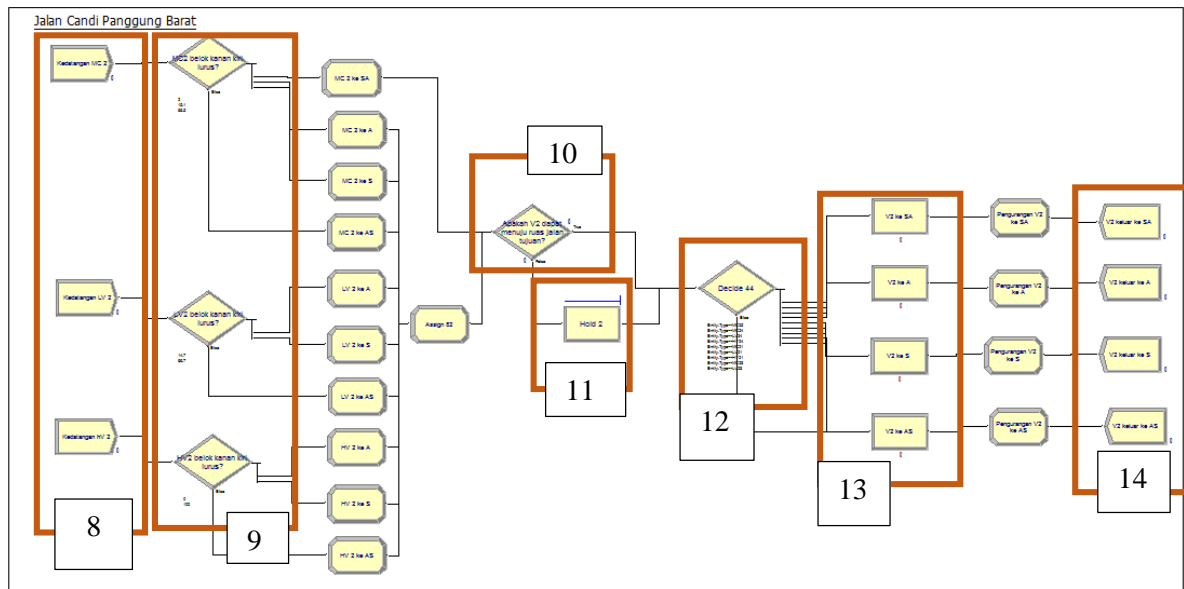
Gambar 4.14 Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Saxophone

Jalan Candi Panggung Barat

Model Konseptual



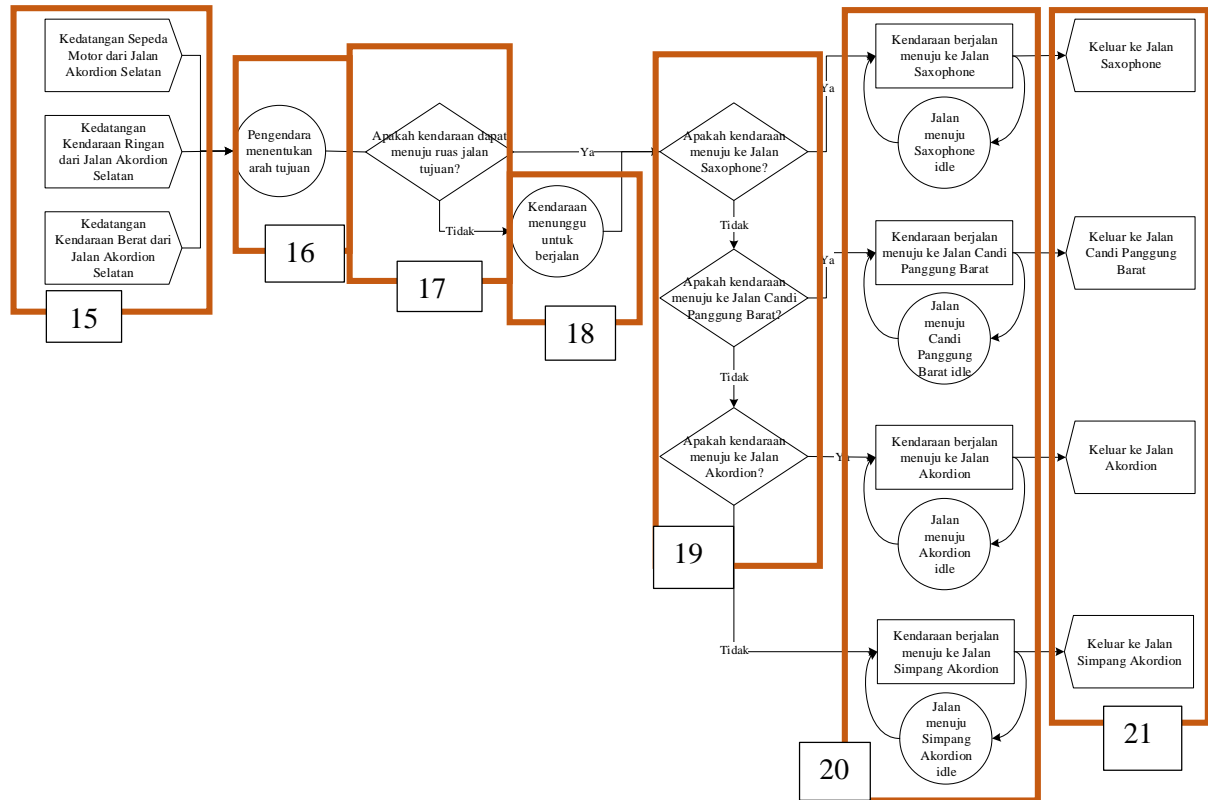
Model Simulasi



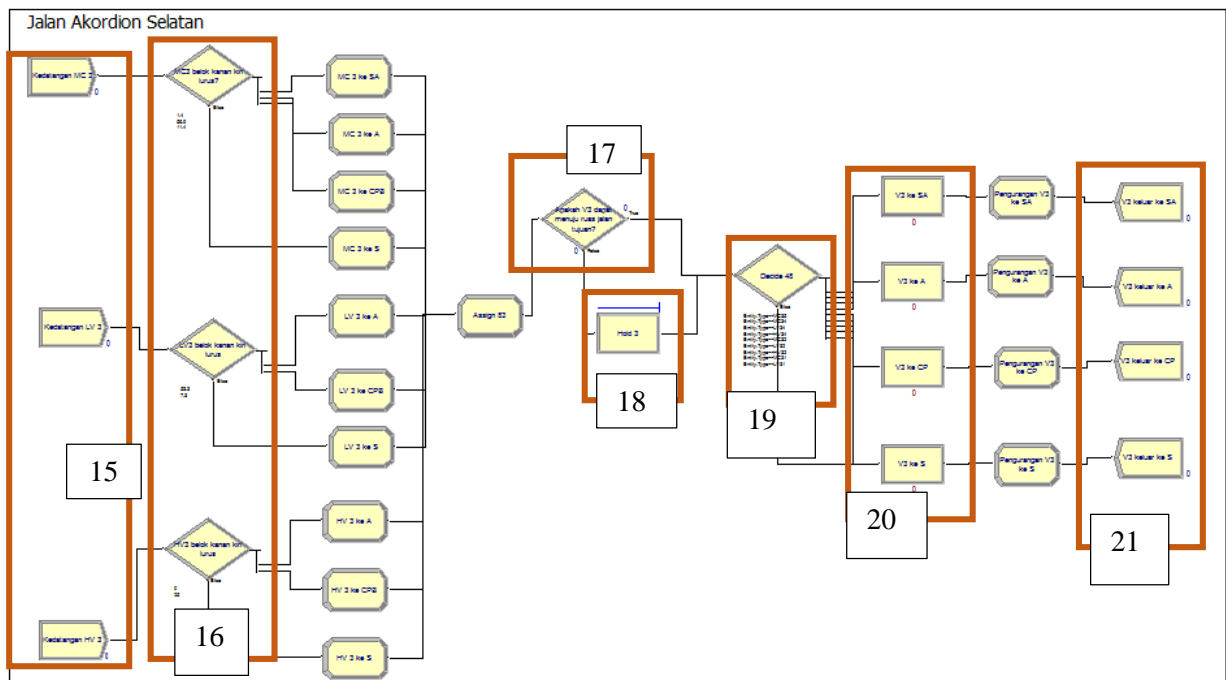
Gambar 4.15 Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Candi Panggung Barat

Jalan Akordion Selatan

Model Konseptual



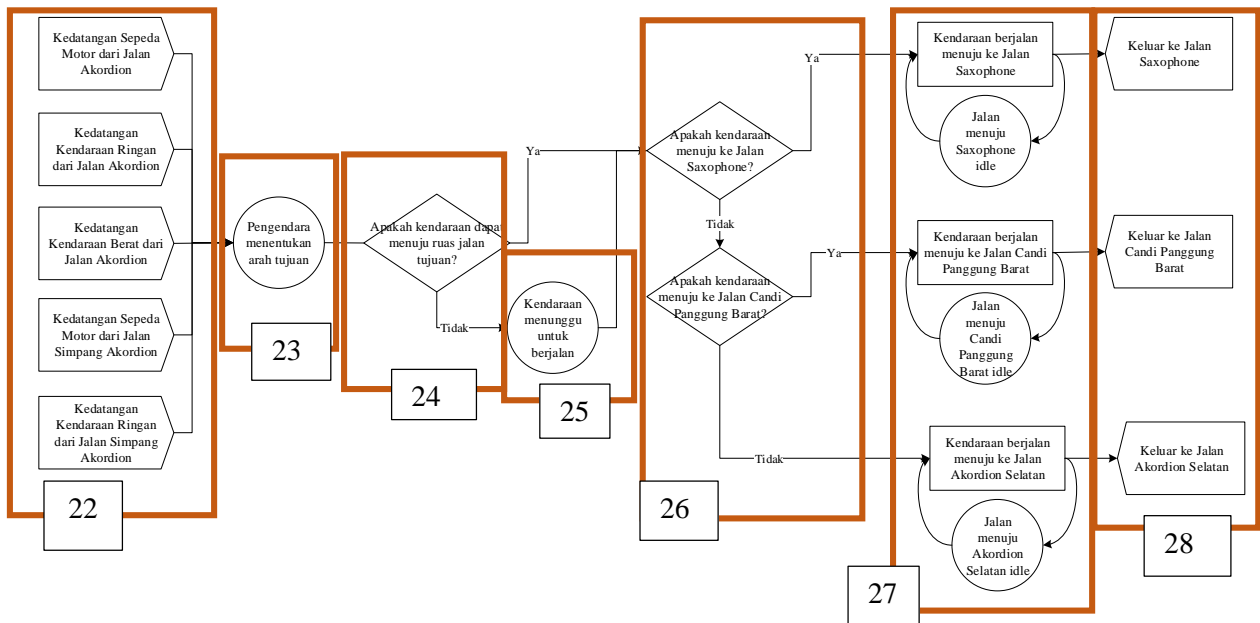
Model Simulasi



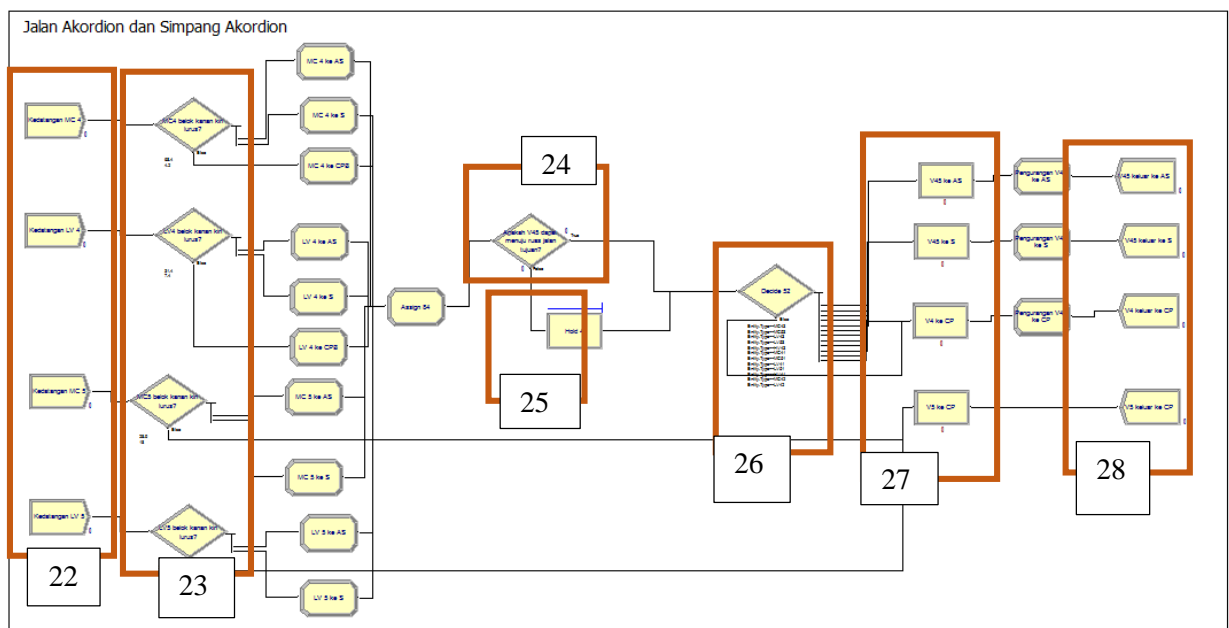
Gambar 4.16 Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Akordion Selatan

Jalan Akordion dan Jalan Simping Akordion

Model Konseptual



Model Simulasi

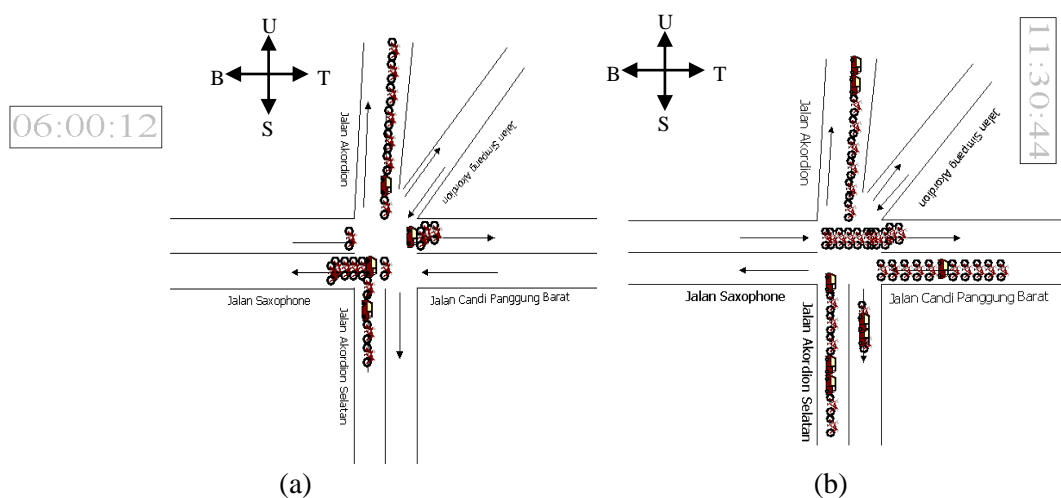


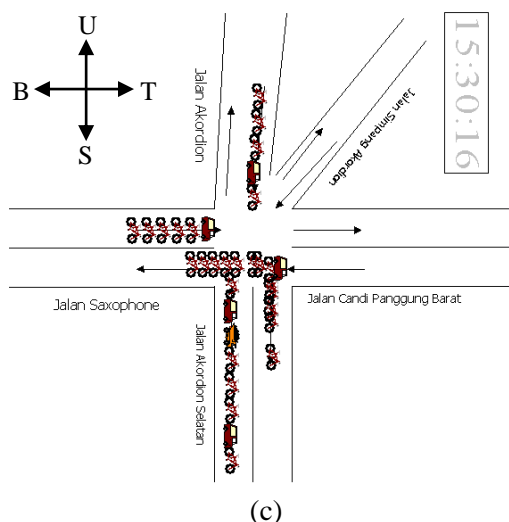
Gambar 4.17 Perbandingan model konseptual dan model simulasi Jalan Akordion dan Simping Akordion

Berdasarkan Gambar 4.14 sampai Gambar 4.17 dapat diketahui bahwa model konseptual dan model simulasi terdapat persamaan yaitu:

- Nomor 1, 8, 15, dan 22 pada model konseptual, kedatangan kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) digambarkan dengan simbol *generate* dan pada model simulasi dengan nomor yang sama digambarkan dengan modul *create*.

- b. Nomor 2, 9, 16, dan 23 menggambarkan keputusan pemilihan ruas jalan tujuan pengendara dengan kondisi *standby* yang digambarkan pada model konseptual dengan simbol *passive* dan pada model simulasi digambarkan dengan modul *decide* untuk menentukan persentase arah tujuan kendaraan.
 - c. Nomor 3, 10, 17, dan 24 menggambarkan alternatif terhadap 2 kemungkinan yaitu apakah kendaraan dapat berjalan menuju ke ruas jalan tujuannya yang digambarkan pada model konseptual dengan simbol *alternate* dan pada model simulasi digambarkan dengan modul *decide*.
 - d. Nomor 4, 11, 18, dan 25 menggambarkan proses kendaraan menunggu hingga kondisi terpenuhi yang digambarkan pada model konseptual dengan simbol pasif dan menggunakan modul *hold* pada model simulasi.
 - e. Nomor 5, 12, 19, dan 26 menggambarkan penentuan jalan yang dipilih oleh pengendara yang digambarkan dengan simbol *alternate* pada model konseptual dan modul *decide* pada model simulasi dengan kondisi jenis kendaraan yang sudah diberi didefinisikan berdasarkan arah tujuan kendaraan pada modul *assign*.
 - f. Nomor 6, 13, 20, dan 27 menggambarkan proses berpindahnya kendaraan menuju ruas jalan tujuan dengan menggunakan satu *resource* yaitu jalan yang dituju yang digambarkan dengan simbol aktif pada model konseptual dan modul *process* pada model simulasi.
 - g. Nomor 7, 14, 21, dan 28 menggambarkan keluarnya entitas (kendaraan) dari sistem yang digambarkan dengan simbol *terminate* pada model konseptual dan modul *dispose* pada model simulasi.
4. Memeriksa animasi pada model simulasi





(c)
Gambar 4.18 Animasi pada model simulasi (a) pagi hari, (b) siang hari, (c) sore hari

Pada Gambar 4.18 tersebut animasi pergerakan kendaraan bermotor pada model simulasi sistem arus lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung sudah bergerak sesuai logika pada model simulasi dan konseptual yang telah dibuat. Kendaraan pada animasi tersebut bergerak dari ruas jalan asal menuju ke ruas jalan tujuan sesuai dengan logika yang telah dibuat.

4.8 Validasi

Validasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara model simulasi dengan sistem nyata. Validasi model simulasi sistem arus lalu lintas Tunggulwulung menggunakan uji *t-test* dengan membandingkan rata-rata waktu menunggu kendaraan di setiap ruas jalan dan rata-rata dari hasil *output* model simulasi yang dihasilkan.

4.8.1 Validasi Model Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00

Validasi model simulasi arus lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung dilakukan dengan membandingkan rata-rata waktu menunggu kendaraan pada masing-masing ruas jalan antara pukul 06.00-07.00 dengan hasil *output* waktu tunggu kendaraan pada model simulasi yang telah dibuat.

1. Hold 1 (Jalan Saxophone)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone antara pukul 06.00-07.00 adalah 0.0672 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.18

Hasil Waktu Tunggu Jalan Saxophone Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0864
2	0.0698
3	0.1130
4	0.0859
5	0.0789

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $sig.(2-tailed) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $sig.(2-tailed) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.19

Hasil Uji Validasi *Hold 1* (Jalan Saxophone) Pukul 06.00-07.00

One-Sample Test						
	Test Value = 0.0672					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	2.720	4	.053	.01960	-.0004	.0396

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $sig.(2-tailed)$ (0.053) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Saxophone pukul 06.00 -07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

2. *Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat antara pukul 06.00-07.00 adalah 0.093 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.20

Hasil Waktu Tunggu Jalan Candi Panggung Barat Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0665
2	0.0637
3	0.0972
4	0.1738
5	0.1271

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $sig.(2-tailed) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $sig.(2-tailed) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.21

Hasil Uji Validasi *Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat) Pukul 06.00-07.00

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0930</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	.615	4	.572	.01266	-.0445	.0698

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $sig.(2-tailed)$ (0.572) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Candi Panggung Barat pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

3. *Hold 3* (Jalan Akordion Selatan)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan antara pukul 06.00-07.00 adalah 0.0845 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.22

Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion Selatan Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.1226
2	0.0873
3	0.0822
4	0.0734
5	0.0941

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $sig.(2-tailed) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $sig.(2-tailed) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.23

Hasil Uji Validasi *Hold 3* (Jalan Akordion Selatan) Pukul 06.00-07.00

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0845</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	.885	4	.426	.00742	-.0158	.0307

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $sig.(2-tailed)$ (0.426) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Akordion Selatan pukul 06.00 -07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

4. *Hold 4* (Jalan Akordion dan Simpang Akordion)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion antara pukul 06.00-07.00 adalah 0.0912 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.24

Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 06.00-07.00 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.1229
2	0.0783
3	0.0123
4	0.0883
5	0.0986

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $sig.(2-tailed) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $sig.(2-tailed) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.25

Hasil Uji Validasi *Hold* 4 (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Pukul 06.00-07.00

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0912</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	.601	4	.580	-.01112	-.0625	.0402

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $sig.(2-tailed)$ (0.580) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

Dari hasil uji *t-test* pada poin 1 hingga 4 dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di masing-masing ruas jalan pukul 06.00-07.00 pada sistem nyata dan model simulasi sehingga dapat disimpulkan bahwa model simulasi arus lalu lintas Persimpangan Tunggulwulung pukul 06.00-07.00 telah valid.

4.8.2 Validasi Model Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30

Validasi model simulasi arus lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung dilakukan dengan membandingkan rata-rata waktu menunggu kendaraan pada masing-masing ruas jalan di sistem nyata pada pukul 11.30-12.30 dengan hasil *output* waktu tunggu kendaraan pada model simulasi yang telah dibuat.

1. *Hold* 1 (Jalan Saxophone)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone antara pukul 11.30-12.30 adalah 0.0304 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.26

Hasil Waktu Tunggu Jalan Saxophone Pukul 11.30-12.30 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0298
2	0.0339
3	0.0268
4	0.0336
5	0.0269

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $sig.(2-tailed) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $sig.(2-tailed) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.27

Hasil Uji Validasi *Hold 1* (Jalan Saxophone) Pukul 11.30-12.30

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0304</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	-.129	4	.903	-.00020	-.0045	.0041

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $sig.(2-tailed)$ (0.903) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Saxophone pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

2. *Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat antara pukul 11.30-12.30 adalah 0.0383 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.28

Hasil Waktu Tunggu Jalan Candi Panggung Barat Pukul 11.30-12.30

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0304
2	0.0368
3	0.0365
4	0.0463
5	0.0349

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $sig.(2-tailed) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $sig.(2-tailed) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.29

Hasil Uji Validasi *Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat) Pukul 11.30-12.30

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0383</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	-.509	4	.638	-.00132	-.0085	.0059

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $sig.(2-tailed)$ (0.638) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Candi Panggung Barat pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

3. *Hold 3* (Jalan Akordion Selatan)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan antara pukul 11.30-12.30 adalah 0.0369 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.30

Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion Selatan Pukul 11.30-12.30

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0262
2	0.0367
3	0.0296
4	0.0445
5	0.0322

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $sig.(2-tailed) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $sig.(2-tailed) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.31

Hasil Uji Validasi *Hold 3* (Jalan Akordion Selatan) Pukul 11.30-12.30

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0369</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	-.966	4	.389	-.00306	-.0119	.0057

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai *sig.(2-tailed)* ($0.389 \geq 0.05$) sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Akordion Selatan pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

4. *Hold 4* (Jalan Akordion dan Simpang Akordion)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion antara pukul 11.30-12.30 adalah 0.0603 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.32

Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 11.30-12.30 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0362
2	0.0677
3	0.0662
4	0.1262
5	0.0458

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai *sig.(2-tailed)* ≥ 0.05

H_0 ditolak jika nilai *sig.(2-tailed)* < 0.05

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.33

Hasil Uji Validasi *Hold 4* (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Pukul 11.30-12.30

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0603</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	.519	4	.631	.00812	-.0353	.0516

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai *sig.(2-tailed)* (0.631) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

Dari hasil uji t-test pada poin 1 hingga 4 dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di masing-masing ruas jalan pukul 11.30-12.30 pada sistem nyata dan model simulasi sehingga dapat disimpulkan bahwa model simulasi arus lalu lintas Persimpangan Tunggulwulung pukul 11.30-12.30 telah valid.

4.8.3 Validasi Model Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30

Validasi model simulasi arus lalu lintas di persimpangan Tunggulwulung dilakukan dengan membandingkan rata-rata waktu menunggu kendaraan pada masing-masing ruas jalan di sistem nyata pada pukul 15.30-16.30 dengan hasil *output* waktu tunggu kendaraan pada model simulasi yang telah dibuat.

1. Hold 1 (Jalan Saxophone)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone antara pukul 15.30-16.30 adalah 0.078 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.34

Hasil Waktu Tunggu Jalan Saxophone Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0512
2	0.1355
3	0.1032
4	0.0527
5	0.0961

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Saxophone pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai *sig.(2-tailed)* ≥ 0.05

H_0 ditolak jika nilai *sig.(2-tailed)* < 0.05

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.35

Hasil Uji Validasi *Hold 1* (Jalan Saxophone) Pukul 15.30-16.30

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.078</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	.607	4	.577	.00974	-.0348	.0543

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai *sig.(2-tailed)* (0.577) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Saxophone pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

2. *Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat antara pukul 15.30-16.30 adalah 0.0357 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.36

Hasil Waktu Tunggu Jalan Candi Panggung Barat Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0850
2	0.0198
3	0.0594
4	0.0978
5	0.0126

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Candi Panggung Barat pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai *sig.(2-tailed)* ≥ 0.05

H_0 ditolak jika nilai *sig.(2-tailed)* < 0.05

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.37

Hasil Uji Validasi *Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat) Pukul 15.30-16.30

One-Sample Test						
	<i>Test Value = 0.0357</i>					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	1.130	4	.322	.01922	-.0280	.0665

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $\text{sig.}(2\text{-tailed})$ (0.322) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Candi Panggung Barat pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

3. *Hold 3* (Jalan Akordion Selatan)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan antara pukul 15.30-16.30 adalah 0.0521 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.38

Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion Selatan Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0344
2	0.0559
3	0.0591
4	0.0482
5	0.0553

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion Selatan pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $\text{sig.}(2\text{-tailed}) \geq 0.05$

H_0 ditolak jika nilai $\text{sig.}(2\text{-tailed}) < 0.05$

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.39

Hasil Uji Validasi *Hold 3* (Jalan Akordion Selatan) Pukul 15.30-16.30

One-Sample Test						
	Test Value = 0.0521					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	-.344	4	.748	-.00152	-.0138	.0108

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai $\text{sig.}(2\text{-tailed})$ (0.748) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Akordion Selatan pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

4. Hold 4 (Jalan Akordion dan Simpang Akordion)

Rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion antara pukul 15.30-16.30 adalah 0.073 jam. Rata-rata waktu tunggu tersebut dibandingkan dengan hasil *output* dari 5 replikasi yang dihasilkan model simulasi.

Tabel 4.40

Hasil Waktu Tunggu Jalan Akordion dan Simpang Akordion Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi

Replikasi	Waktu Tunggu Kendaraan (Jam)
1	0.0942
2	0.0622
3	0.1331
4	0.0838
5	0.0906

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 = terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai *sig.(2-tailed)* ≥ 0.05

H_0 ditolak jika nilai *sig.(2-tailed)* < 0.05

Uji dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.41

Hasil Uji Validasi Hold 4 (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Pukul 15.30-16.30 pada Simulasi

One-Sample Test						
	Test Value = 0.073					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	1.719	4	.161	.01978	-.0122	.0517

Berdasarkan hasil uji tersebut, nilai *sig.(2-tailed)* (0.161) ≥ 0.05 sehingga H_0 diterima. Kesimpulannya adalah bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu di Jalan Akordion dan Simpang Akordion pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dengan hasil simulasi.

Dari hasil uji *t-test* pada poin 1 hingga 4 dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata waktu tunggu kendaraan di masing-masing ruas jalan pukul 15.30-16.30 pada sistem nyata dan model simulasi sehingga dapat disimpulkan bahwa model simulasi arus lalu lintas Persimpangan Tunggulwulung pukul 15.30-16.30 telah valid.

Validasi juga dapat dilakukan dengan membandingkan *number in* (jumlah kendaraan yang masuk) pada simulasi dengan data jumlah kendaraan yang datang yang diperoleh dari observasi di sistem nyata pada Lampiran 3-7 yaitu:

Tabel 4.42

Perbandingan Jumlah *Number In* pada Simulasi dan Sistem Nyata

No.	Asal Kendaraan	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Rata-rata Simulasi	Jumlah Pada Sistem Nyata	Persentase Perbedaan
1.	Jl. Saxophone	Pagi	Kendaraan Berat	8.6	6	30 %
2.			Kendaraan Ringan	186.2	186	0.1 %
3.			Sepeda Motor	1205	1076	11 %
4.		Siang	Kendaraan Berat	6.6	4	39 %
5.			Kendaraan Ringan	197.8	206	3.9 %
6.			Sepeda Motor	962.2	959	0.33 %
7.		Sore	Kendaraan Berat	7.6	5	34 %
8.			Kendaraan Ringan	177.4	225	21.1 %
9.			Sepeda Motor	1029.6	1002	2.6 %
10.	Jl. Candi Panggung Barat	Pagi	Kendaraan Berat	3.2	4	20 %
11.			Kendaraan Ringan	230.4	238	3.2 %
12.			Sepeda Motor	1247.4	1195	4.2 %
13.		Siang	Kendaraan Berat	13.2	11	16.7 %
14.			Kendaraan Ringan	250.2	265	5.5 %
15.			Sepeda Motor	810.2	929	12.8 %
16.		Sore	Kendaraan Berat	5	3	40 %
17.			Kendaraan Ringan	228.4	231	1.1 %
18.			Sepeda Motor	1282	1268	1.09 %
19.	Jl. Akordion Selatan	Pagi	Kendaraan Ringan	130.6	128	1.9 %
20.			Sepeda Motor	1300	1227	5.6 %
21.		Siang	Kendaraan Ringan	113.8	111	2.4 %
22.			Sepeda Motor	1013.36	1058	4.2 %
23.		Sore	Kendaraan Berat	4.4	4	9 %
24.			Kendaraan Ringan	137.4	137	0.3 %
25.			Sepeda Motor	1594	1443	9.4 %
26.	Jl. Akordion	Pagi	Kendaraan Ringan	215	215	0 %
27.			Sepeda Motor	1233.6	1264	2.4 %
28.		Siang	Kendaraan Ringan	133	126	5.2 %
29.			Sepeda Motor	676.6	711	4.8 %
30.		Sore	Kendaraan Ringan	122	121	0.8 %
31.			Sepeda Motor	996.2	1003	0.7 %

No.	Asal Kendaraan	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Rata-rata Simulasi	Jumlah Pada Sistem Nyata	Persentase Perbedaan
32.	Jl. Simpang Akordion	Pagi	Kendaraan Ringan	7.2	7	2.7 %
33.			Sepeda Motor	216.6	221	1.9 %
34.		Siang	Kendaraan Ringan	6.4	4	37.5 %
35.			Sepeda Motor	78.4	78	0.5 %
36.		Sore	Kendaraan Ringan	7.8	7	10.2 %
37.			Sepeda Motor	122.2	128	4.5 %

Berdasarkan Tabel 4.42 dapat diketahui bahwa selisih antara jumlah kendaraan yang masuk ke dalam sistem arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada simulasi dan sistem nyata tidak berbeda jauh yaitu dengan persentase perbedaan sekitar 0 % - 40 %. Persentase yang besar tersebut terjadi karena nilai pembagi yang kecil karena sebenarnya selisih jumlah kendaraan yang masuk kurang lebih 2 kendaraan seperti pada kendaraan berat dari Jalan Candi Panggung Barat pada sore hari.

4.9 Penentuan Jumlah Replikasi Simulasi

Agar *confidence interval* pada hasil simulasi ini kecil maka simulasi perlu dijalankan dalam beberapa replikasi karena apabila *confidence interval* rentangnya jauh maka menunjukkan bahwa estimasi yang dilakukan masih belum akurat. Pada simulasi ini replikasi telah dilakukan sebanyak 5 kali sehingga perlu diketahui apakah 5 replikasi tersebut telah memiliki *confidence interval* yang dekat. Pada *software* ARENA tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Jumlah replikasi dapat dinyatakan cukup apabila n' (jumlah replikasi yang dibutuhkan) kurang dari atau sama dengan n (jumlah replikasi yang telah dilakukan).

1. *Half width Hold 1* (Jalan Saxophone) Pagi = 0.02

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.0161}{0.02} \right]^2 = 2.494 \approx 3$$

Nilai n' (3) < n (5) sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

2. *Half width Hold 1* (Jalan Saxophone) Siang = 0.0043

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.0034}{0.0043} \right]^2 = 2.493 \approx 3$$

Nilai n' (3) < n (5) sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

3. *Half width Hold 1* (Jalan Saxophone) Sore = 0.04

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.0359}{0.04} \right]^2 = 3.093 \approx 4$$

Nilai $n' (4) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

4. *Half width Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat) Pagi = 0.06

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.046}{0.06} \right]^2 = 2.259 \approx 3$$

Nilai $n' (3) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

5. *Half width Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat) Siang = 0.01

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.0058}{0.01} \right]^2 = 1.294 \approx 2$$

Nilai $n' (2) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

6. *Half width Hold 2* (Jalan Candi Panggung Barat) Sore = 0.05

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.038}{0.05} \right]^2 = 2.223 \approx 3$$

Nilai $n' (3) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

7. *Half width Hold 3* (Jalan Akordion Selatan) Pagi = 0.02

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.01874}{0.02} \right]^2 = 3.373 \approx 4$$

Nilai $n' (4) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

8. *Half width Hold 3* (Jalan Akordion Selatan) Siang = 0.01

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.00709}{0.01} \right]^2 = 1.929 \approx 2$$

Nilai $n' (2) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

9. *Half width Hold 3* (Jalan Akordion Selatan) Sore = 0.01

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.0099}{0.01} \right]^2 = 3.752 \approx 4$$

Nilai $n' (4) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

10. *Half width Hold 4* (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Pagi = 0.05

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.04136}{0.05} \right]^2 = 2.628 \approx 3$$

Nilai $n' (3) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

11. *Half width Hold 4* (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Siang = 0.04

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.035}{0.04} \right]^2 = 2.937 \approx 3$$

Nilai $n' (3) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

12. *Half width Hold 4* (Jalan Akordion dan Simpang Akordion) Sore = 0.03

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 0.0257}{0.03} \right]^2 = 2.826 \approx 3$$

Nilai $n' (3) < n (5)$ sehingga replikasi yang dilakukan pada model simulasi telah cukup.

4.10 Analisis Hasil *Output* Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung

Analisis *output* setelah melakukan *running* model simulasi dilakukan untuk mengetahui hasil dari kondisi awal arus lalu lintas di Persimpangan Tunggulwulung. Hasil simulasi arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00-07.00, 11.30-12.30, dan 15.30-16.30 setelah melakukan *run* adalah sebagai berikut.

4.10.1 Analisis Hasil *Output* Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00

Hasil *output* dari model simulasi yang dianalisis adalah jumlah entitas yang masuk ke dalam sistem, jumlah entitas yang keluar dari sistem, dan lama waktu kendaraan menunggu pada masing-masing ruas jalan di Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00-07.00.

1. *Number In*

Number in merupakan jumlah entitas (kendaraan) yang masuk ke dalam sistem arus lalu lintas Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00 -07.00.

Tabel 4.43

Number In Kendaraan pada Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00 (Unit)

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	Jl. Candi Panggung Barat	HV1-2	2	12	7	6	9	7.2
2.			LV1-2	125	141	129	128	133	131.2
3.			MC1-2	763	746	690	743	692	726.8
4.		Jl. Akordion Selatan	HV1-3	0	0	0	0	0	0
5.			LV1-3	48	46	46	51	44	47
6.			MC1-3	415	439	423	450	417	428.8
7.		Jl. Akordion	HV1-4	1	2	2	1	1	1.4
8.			LV1-4	8	10	10	5	7	8
9.			MC1-4	52	53	46	50	46	49.4
10.	Jl. Candi Panggung Barat	Jl. Saxophone	HV2-1	5	2	1	5	3	3.2
11.			LV2-1	168	148	156	151	161	156.8
12.			MC2-1	898	918	902	908	855	896.2
13.		Jl. Akordion Selatan	HV2-3	0	0	0	0	0	0
14.			LV2-3	59	67	56	64	47	58.6
15.			MC2-3	201	178	183	178	167	181.4
16.		Jl. Akordion	HV2-4	0	0	0	0	0	0
17.			LV2-4	12	14	18	14	17	15
18.			MC2-4	135	129	153	149	128	138.8
19.		Jl. Simpang Akordion	MC2-5	34	38	34	22	27	31
20.	Jl. Akordion Selatan	Jl. Saxophone	LV3-1	30	52	44	37	40	40.6
21.			MC3-1	377	438	382	388	387	394.4
22.		Jl. Candi Panggung Barat	HV3-2	0	0	0	0	0	0
23.			LV3-2	4	9	5	5	11	6.8
24.			MC3-2	108	85	106	116	104	103.8
25.		Jl. Akordion	HV3-4	0	0	0	0	0	0
26.			LV3-4	79	72	98	91	76	83.2

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
27.			MC3-4	740	806	823	750	811	786
28.		Jl. Simpang Akordion	MC3-5	17	18	18	13	13	15.8
29.		Jl. Saxophone	HV4-1	0	0	0	0	0	0
30.	Jl. Akordion	Jl. Saxophone	LV4-1	4	0	1	3	2	2
31.			MC4-1	65	47	55	60	52	55.8
32.			LV4-2	88	89	97	95	80	89.8
33.		Jl. Candi Panggung Barat	MC4-2	265	299	298	276	295	286.6
34.			HV4-3	0	0	0	0	0	0
35.		Jl. Akordion Selatan	LV4-3	139	117	118	103	139	123.2
36.			MC4-3	854	916	917	866	903	891.2
37.	Jl. Simpang Akordion	Jl. Saxophone	LV5-1	0	0	2	1	2	1
38.			MC5-1	24	32	27	31	33	29.4
39.		Jl. Candi Panggung Barat	LV5-2	4	1	0	3	1	1.8
40.			MC5-2	90	139	121	150	149	129.8
41.		Jl. Akordion Selatan	LV5-3	5	4	4	4	5	4.4
42.			MC5-3	64	52	63	60	48	57.4

Kendaraan yang masuk dalam sistem arus lalu lintas ini dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu HV (kendaraan berat), LV (kendaraan ringan), dan MC (sepeda motor). Pada Tabel 4.43 tersebut kendaraan berat yang paling banyak masuk dalam sistem adalah HV1-2 yang merupakan kendaraan berat yang berasal dari Jalan Saxophone yang akan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat. Kendaraan ringan terbanyak yang masuk ke dalam sistem adalah berasal dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Saxophone (LV2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion dan Jalan Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone (LV5-1 dan LV4-1). Jumlah sepeda motor yang masuk ke dalam sistem lebih banyak daripada jumlah jenis kendaraan yang lain. Jumlah sepeda motor terbanyak yang masuk dalam sistem arus lalu lintas ini adalah dari Jalan Candi Panggung Barat menuju Jalan Saxophone (MC2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Simpang Akordion (MC3-5).

2. Number Out

Jumlah kendaraan yang keluar dari sistem simulasi arus lalu lintas Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00-07.00 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.44

Number Out Kendaraan di Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00 (Unit)

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone		HV1-2	2	5	5	6	5	4.6
2.			LV1-2	80	85	74	72	85	79.2

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
3.		Jl. Candi Panggung Barat	MC1-2	459	452	370	418	409	421.6
4.		Jl. Akordion Selatan	HV1-3	0	0	0	0	0	0
5.			LV1-3	42	35	16	33	18	28.8
6.			MC1-3	296	270	197	265	193	244.2
7.		Jl. Akordion	HV1-4	1	2	2	1	1	1.4
8.			LV1-4	5	10	10	5	7	7.4
9.			MC1-4	33	53	46	46	46	44.8
10.	Jl. Candi Panggung Barat	Jl. Saxophone	HV2-1	2	1	1	2	2	1.6
11.			LV2-1	93	77	86	80	91	85.4
12.			MC2-1	425	487	530	422	506	474
13.		Jl. Akordion Selatan	HV2-3	0	0	0	0	0	0
14.			LV2-3	50	43	29	34	21	35.4
15.			MC2-3	147	110	85	95	80	103.4
16.		Jl. Akordion	HV2-4	0	0	0	0	0	0
17.			LV2-4	7	9	12	9	14	10.2
18.			MC2-4	72	64	125	84	101	89.2
19.		Jl. Simpang Akordion	MC2-5	14	19	23	22	22	20
20.	Jl. Akordion Selatan	Jl. Saxophone	LV3-1	30	45	34	35	29	34.6
21.			MC3-1	377	379	307	379	296	347.6
22.		Jl. Candi Panggung Barat	HV3-2	0	0	0	0	0	0
23.			LV3-2	1	5	3	3	7	3.8
24.		Jl. Akordion	MC3-2	41	38	66	31	63	47.8
25.			HV3-4	0	0	0	0	0	0
26.			LV3-4	55	32	46	30	44	41.4
27.			MC3-4	531	384	469	264	419	413.4
28.		Jl. Simpang Akordion	MC3-5	11	9	12	4	10	9.2
29.	Jl. Akordion	Jl. Saxophone	HV4-1	0	0	0	0	0	0
30.			LV4-1	4	0	1	3	1	1.8
31.			MC4-1	65	41	45	60	22	46.6
32.		Jl. Candi Panggung Barat	LV4-2	44	49	87	63	44	57.4
33.			MC4-2	116	170	267	163	172	177.6
34.		Jl. Akordion Selatan	HV4-3	0	0	0	0	0	0
35.			LV4-3	60	46	70	53	71	60
36.			MC4-3	368	417	485	415	504	437.8
37.	Jl. Simpang Akordion	Jl. Saxophone	LV5-1	0	0	2	1	0	0.6
38.			MC5-1	24	30	20	31	16	24.2
39.		Jl. Candi Panggung Barat	LV5-2	4	1	0	3	1	1.8
40.			MC5-2	90	139	121	150	149	129.8
41.		Jl. Akordion Selatan	LV5-3	3	2	1	1	4	2.2
42.			MC5-3	25	22	38	31	24	28

Pada Tabel 4.44 tersebut kendaraan berat yang paling banyak keluar dari sistem adalah kendaraan berat yang berasal dari Jalan Saxophone yang akan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (HV1-2). Kendaraan ringan terbanyak yang keluar dari sistem adalah

berasal dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Saxophone (LV2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone (LV5-1). Jumlah sepeda motor terbanyak yang keluar dari sistem arus lalu lintas ini adalah dari Jalan Candi Panggung Barat menuju Jalan Saxophone (MC2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Simpang Akordion (MC3-5).

3. *Waiting Time*

Waiting time merupakan waktu tunggu yang dialami kendaraan yang berada pada suatu ruas jalan. Berikut ini merupakan waktu tunggu pada setiap ruas jalan Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00-07.00.

Tabel 4.45

Waiting Time pada Setiap Ruas Jalan Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00 (Jam)

No.	Ruas Jalan	Keterangan	Replikasi					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	<i>Hold1.Queue</i>	0.0864	0.0698	0.1130	0.0859	0.0789	0.0868
2.	Jl. Candi Panggung Barat	<i>Hold2.Queue</i>	0.0665	0.0637	0.0972	0.1738	0.1271	0.1057
3.	Jl. Akordion Selatan	<i>Hold3.Queue</i>	0.1226	0.0873	0.0822	0.0734	0.0941	0.0919
4.	Jl. Akordion dan Simpang Akordion	<i>Hold4.Queue</i>	0.1229	0.0783	0.0123	0.0883	0.0986	0.0801

Waiting time tertinggi dialami oleh *Hold 2* yang merupakan Jalan Candi Panggung Barat yaitu dengan rata-rata 0.1057 jam atau 6.342 menit. Hal ini dikarenakan jumlah kendaraan yang masuk dari Jalan Candi Panggung Barat lebih banyak dibandingkan ruas jalan yang lain sehingga waktu tunggu yang diperlukan kendaraan dari ruas jalan tersebut lebih lama dibandingkan dengan kendaraan yang berasal dari ruas jalan yang jumlah kendaraannya lebih sedikit.

4.10.2 Analisis Hasil *Output* Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30

Hasil *output* dari model simulasi yang dianalisis adalah jumlah entitas yang masuk ke dalam sistem, jumlah entitas yang keluar dari sistem, dan lama waktu kendaraan menunggu pada masing-masing ruas jalan di Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 11.30-12.30.

1. *Number In*

Jumlah kendaraan yang masuk dalam sistem arus lalu lintas Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 11.30-12.30 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.46

Number In Kendaraan pada Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30 (Unit)

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	Jl. Candi Panggung Barat	HV1-2	8	3	8	7	8	6.6
2.			LV1-2	110	163	151	162	110	151.4
3.			MC1-2	646	699	690	735	646	690
4.		Jl. Akordion Selatan	HV1-3	0	0	0	0	0	0
5.			LV1-3	32	41	41	37	32	38
6.			MC1-3	210	225	229	243	210	224
7.		Jl. Akordion	HV1-4	0	0	0	0	0	0
8.			LV1-4	6	9	9	13	6	8.4
9.			MC1-4	43	48	44	52	43	48.2
10.	Jl. Candi Panggung Barat	Jl. Saxophone	HV2-1	11	8	5	13	11	10.4
11.			LV2-1	219	208	228	222	219	219
12.			MC2-1	557	655	585	582	557	595
13.		Jl. Akordion Selatan	HV2-3	1	2	7	6	1	3.8
14.			LV2-3	34	31	27	40	34	34.4
15.			MC2-3	105	104	110	103	105	108.2
16.		Jl. Akordion	HV2-4	0	0	0	0	0	0
17.			LV2-4	27	32	35	36	27	31.8
18.			MC2-4	167	206	159	202	167	188.6
19.		Jl. Simpang Akordion	MC2-5	13	23	28	34	13	23.4
20.	Jl. Akordion Selatan	Jl. Saxophone	LV3-1	21	23	25	26	21	24.8
21.			MC3-1	307	288	287	303	307	301.6
22.		Jl. Candi Panggung Barat	HV3-2	0	0	0	0	0	0
23.			LV3-2	16	13	12	11	16	12.8
24.			MC3-2	103	108	124	100	103	108
25.		Jl. Akordion	HV3-4	0	0	0	0	0	0
26.			LV3-4	72	84	78	91	72	79
27.			MC3-4	677	736	696	690	677	693
28.		Jl. Simpang Akordion	MC3-5	22	16	19	21	22	19
29.	Jl. Akordion	Jl. Saxophone	HV4-1	0	0	0	0	0	0
30.			LV4-1	10	11	6	8	10	8
31.			MC4-1	20	26	23	21	20	22.2
32.		Jl. Candi Panggung Barat	LV4-2	59	67	51	61	59	60.6
33.			MC4-2	190	201	182	203	190	194.8
34.		Jl. Akordion Selatan	HV4-3	0	0	0	0	0	0
35.			LV4-3	66	67	57	68	66	64.4
36.			MC4-3	459	474	468	416	459	459.6
37.	Jl. Simpang Akordion	Jl. Saxophone	LV5-1	1	3	1	3	1	1.8
38.			MC5-1	4	5	5	1	4	4.4
39.		Jl. Candi Panggung Barat	LV5-2	1	1	1	2	2	1.6
40.			MC5-2	34	43	44	39	34	38.8
41.		Jl. Akordion Selatan	LV5-3	2	2	5	2	2	3
42.			MC5-3	33	41	34	40	33	35.2

Kendaraan yang masuk dalam sistem arus lalu lintas ini dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu HV (kendaraan berat), LV (kendaraan ringan), dan MC (sepeda motor). Pada Tabel 4.46 tersebut kendaraan berat yang masuk dalam sistem adalah kendaraan berat

yang berasal dari Jalan Saxophone dengan tujuan ke Jalan Candi Panggung Barat (HV1-2) serta berasal dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Saxophone dan Jalan Akordion Selatan (HV2-1 dan HV2-3). Dari kendaraan berat yang masuk dalam sistem arus lalu lintas ini, kendaraan berat yang paling banyak masuk adalah HV2-1 (dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Saxophone). Kendaraan ringan terbanyak yang masuk ke dalam sistem adalah berasal dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Saxophone (LV2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone (LV5-1). Jumlah sepeda motor terbanyak yang masuk dalam sistem arus lalu lintas ini adalah dari Jalan Akordion Selatan menuju Jalan Akordion (MC3-4) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Saxophone (MC5-1).

2. Number Out

Jumlah kendaraan yang keluar dari sistem arus lalu lintas ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.47

Number Out Kendaraan di Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30 (Unit)

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	Jl. Candi Panggung Barat	HV1-2	7	3	7	7	8	6.4
2.			LV1-2	149	134	137	137	106	132.6
3.			MC1-2	587	573	625	618	613	603.2
4.		Jl. Akordion Selatan	HV1-3	0	0	0	0	0	0
5.			LV1-3	34	33	38	32	32	33.8
6.			MC1-3	178	180	203	210	207	195.8
7.		Jl. Akordion	HV1-4	0	0	0	0	0	0
8.			LV1-4	4	9	8	13	6	8
9.			MC1-4	47	42	40	46	43	43.6
10.	Jl. Candi Panggung Barat	Jl. Saxophone	HV2-1	13	7	5	12	11	9.6
11.			LV2-1	196	169	205	186	199	191
12.			MC2-1	544	565	489	505	517	524
13.		Jl. Akordion Selatan	HV2-3	2	2	7	6	1	3.6
14.			LV2-3	28	27	26	37	33	30.2
15.			MC2-3	88	95	101	100	98	96.4
16.		Jl. Akordion	HV2-4	0	0	0	0	0	0
17.			LV2-4	28	26	33	33	25	29
18.			MC2-4	199	171	144	175	160	169.8
19.		Jl. Simpang Akordion	MC2-5	19	18	22	30	11	20
20.	Jl. Akordion Selatan	Jl. Saxophone	LV3-1	25	23	25	26	18	23.4
21.			MC3-1	282	288	287	301	278	287.2
22.		Jl. Candi Panggung Barat	HV3-2	0	0	0	0	0	0
23.			LV3-2	12	12	11	11	15	12.2
24.			MC3-2	103	101	120	99	95	103.6
25.		Jl. Akordion	HV3-4	0	0	0	0	0	0
26.			LV3-4	67	68	68	84	69	71.2
27.			MC3-4	619	628	628	603	620	619.6

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
28.		Jl. Simpang Akordion	MC3-5	17	16	19	20	22	2.96
29.	Jl. Akordion	Jl. Saxophone	HV4-1	0	0	0	0	0	0
30.			LV4-1	4	10	6	7	8	7
31.			MC4-1	19	26	23	17	18	20.6
32.		Jl. Candi Panggung Barat	LV4-2	63	62	38	41	52	51.2
33.			MC4-2	196	192	145	143	163	167.8
34.		Jl. Akordion Selatan	HV4-3	0	0	0	0	0	0
35.			LV4-3	56	62	48	53	56	55
36.			MC4-3	413	424	404	325	404	394
37.	Jl. Simpang Akordion	Jl. Saxophone	LV5-1	0	2	1	3	0	1.2
38.			MC5-1	7	5	5	1	4	4.4
39.		Jl. Candi Panggung Barat	LV5-2	2	1	1	2	2	1.6
40.			MC5-2	34	43	44	39	34	38.8
41.		Jl. Akordion Selatan	LV5-3	4	2	5	1	2	2.8
42.			MC5-3	25	38	31	29	29	30.4

Semakin banyak kendaraan yang masuk dalam sistem maka semakin banyak pula jumlah kendaraan yang keluar dari sistem. Pada Tabel 4.47 tersebut kendaraan berat yang paling banyak keluar dari sistem pada pukul 11.30-12.30 adalah kendaraan berat yang berasal dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Saxophone (HV2-1). Kendaraan ringan terbanyak yang keluar dari sistem adalah berasal dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Saxophone (LV2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Saxophone (LV5-1). Jumlah sepeda motor terbanyak yang keluar dari sistem arus lalu lintas ini adalah dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Akordion (MC3-4) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Simpang Akordion (MC3-5).

3. Waiting Time

Waktu tunggu kendaraan yang terjadi pada setiap ruas jalan di persimpangan Tunggulwulung pada pukul 11.30-12.30 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.48

Waiting Time pada Setiap Ruas Jalan Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30 (Jam)

No.	Ruas Jalan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	<i>Hold1.Queue</i>	0.0435	0.0393	0.0330	0.0340	0.0398	0.0379
2.	Jl. Candi Panggung Barat	<i>Hold2.Queue</i>	0.0452	0.0393	0.0322	0.0399	0.0352	0.0384
3.	Jl. Akordion Selatan	<i>Hold3.Queue</i>	0.0486	0.0353	0.0370	0.0363	0.0372	0.0389

No.	Ruas Jalan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
4.	Jl. Akordion dan Simpang Akordion	<i>Hold4.Queue</i>	0.1380	0.0715	0.0558	0.0617	0.0897	0.0833

Pada Tabel 4.48 dapat diketahui bahwa waktu tunggu yang paling lama adalah pada *Hold 4* yang merupakan Jalan Akordion dan Simpang Akordion yaitu dengan rata-rata 0.0684 jam atau 4.104 menit. Selain dikarenakan jumlah kendaraan yang banyak masuk ke dalam ruas jalan, kondisi jalan yang kendaraan sangat jarang dilewati juga dapat menyebabkan lamanya kendaraan menunggu pada ruas jalan tersebut. Hal tersebut terjadi karena persimpangan melayani ruas jalan yang memiliki antrian atau jumlah kendaraan yang lebih panjang atau banyak terlebih dahulu sehingga ruas jalan dengan jumlah kendaraan yang lebih sedikit mengalami waktu tunggu yang lebih lama.

4.10.3 Analisis Hasil *Output* Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30

Hasil *output* dari model simulasi yang dianalisis adalah jumlah entitas yang masuk ke dalam sistem, jumlah entitas yang keluar dari sistem, dan lama waktu kendaraan menunggu pada masing-masing ruas jalan di Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 15.30-16.30.

1. *Number In*

Tabel 4.49

Number In Kendaraan pada Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30 (Unit)

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	Jl. Candi Panggung Barat	HV1-2	8	7	8	7	8	7.6
2.			LV1-2	139	126	95	176	149	137
3.			MC1-2	717	717	779	744	707	732.8
4.		Jl. Akordion Selatan	HV1-3	0	0	0	0	0	0
5.			LV1-3	31	38	25	43	37	34.8
6.			MC1-3	257	191	219	248	228	228.6
7.		Jl. Akordion	HV1-4	0	0	0	0	0	0
8.			LV1-4	5	6	6	7	4	5.6
9.			MC1-4	78	54	69	72	68	68.2
10.	Jl. Candi Panggung Barat	Jl. Saxophone	HV2-1	4	5	5	5	6	5
11.			LV2-1	132	139	159	161	161	150.4
12.			MC2-1	834	918	862	793	891	859.6
13.		Jl. Akordion Selatan	HV2-3	0	0	0	0	0	0
14.			LV2-3	43	44	41	43	47	43.6
15.			MC2-3	204	209	202	228	202	209
16.		Jl. Akordion	HV2-4	0	0	0	0	0	0
17.			LV2-4	35	33	36	32	36	34.4
18.			MC2-4	172	222	190	194	176	190.8
19.		Jl. Simpang Akordion	MC2-5	21	25	19	23	25	22.6

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
20.	Jl. Akordion Selatan	Jl. Saxophone	HV3-1	3	4	4	3	2	3.2
21.			LV3-1	55	53	61	60	52	56.2
22.			MC3-1	517	434	491	481	494	483.4
23.		Jl. Candi Panggung Barat	HV3-2	2	1	0	1	2	1.2
24.			LV3-2	6	9	7	10	9	8.2
25.			MC3-2	187	190	173	192	183	185
26.		Jl. Akordion	HV3-4	0	0	0	0	0	0
27.			LV3-4	64	71	82	81	67	73
28.			MC3-4	899	908	916	853	933	901.8
29.		Jl. Simpang Akordion	MC3-5	27	30	18	17	27	23.8
30.	Jl. Akordion	Jl. Saxophone	HV4-1	0	0	0	0	0	0
31.			LV4-1	8	7	13	13	13	10.8
32.			MC4-1	42	52	35	41	44	42.8
33.		Jl. Candi Panggung Barat	LV4-2	74	81	74	64	77	74
34.			MC4-2	254	285	262	268	265	266.8
35.		Jl. Akordion Selatan	HV4-3	0	0	0	0	0	0
36.			LV4-3	32	44	38	34	38	37.2
37.			MC4-3	685	685	711	712	640	686.6
38.	Jl. Simpang Akordion	Jl. Saxophone	LV5-1	0	0	0	0	0	0
39.			MC5-1	18	26	24	17	24	21.8
40.		Jl. Candi Panggung Barat	LV5-2	8	8	3	3	7	5.8
41.			MC5-2	61	63	56	65	78	64.6
42.		Jl. Akordion Selatan	LV5-3	0	2	3	2	3	2
43.			MC5-3	35	33	45	39	27	35.8

Pada Tabel 4.49, kendaraan berat yang masuk dalam sistem arus lalu lintas Persimpangan Tunggulwulung pada pukul 15.30-16.30 adalah kendaraan berat yang berasal dari Jalan Saxophone dengan tujuan ke Jalan Candi Panggung Barat (HV1-2), dari Jalan Candi Panggung Barat menuju ke Jalan Saxophone (HV2-1), serta berasal dari Akordion Selatan yang menuju ke Jalan Saxophone dan Jalan Candi Panggung Barat (HV3-1 dan HV3-2). Dari kendaraan berat yang masuk dalam sistem arus lalu lintas ini, kendaraan berat yang paling banyak masuk dalam sistem adalah HV1-2 (dari Jalan Saxophone menuju ke Jalan Candi Panggung Barat). Kendaraan ringan terbanyak yang masuk ke dalam sistem adalah berasal dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Saxophone (LV2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan (LV5-3). Jumlah sepeda motor terbanyak yang masuk dalam sistem arus lalu lintas ini adalah dari Jalan Akordion Selatan menuju Jalan Akordion (MC3-4) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Saxophone (MC5-1).

2. Number Out

Jumlah kendaraan yang keluar dari sistem simulasi ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.50

Number Out Kendaraan di Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30 (Unit)

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraaan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
				1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	Jl. Candi Panggung Barat	HV1-2	4	4	5	5	6	4.8
2.			LV1-2	106	82	58	103	86	87
3.			MC1-2	380	429	518	433	456	443.2
4.		Jl. Akordion Selatan	HV1-3	0	0	0	0	0	0
5.			LV1-3	21	26	20	27	27	24.2
6.			MC1-3	134	148	171	130	150	146.6
7.		Jl. Akordion	HV1-4	0	0	0	0	0	0
8.			LV1-4	5	4	5	6	4	4.8
9.			MC1-4	65	42	55	57	63	56.4
10.	Jl. Candi Panggung Barat	Jl. Saxophone	HV2-1	2	3	3	2	3	2.6
11.			LV2-1	70	80	91	85	92	83.6
12.			MC2-1	439	500	487	411	484	464.2
13.		Jl. Akordion Selatan	HV2-3	0	0	0	0	0	0
14.			LV2-3	28	44	41	27	45	37
15.			MC2-3	124	209	185	147	195	172
16.		Jl. Akordion	HV2-4	0	0	0	0	0	0
17.			LV2-4	35	29	23	24	35	29.2
18.			MC2-4	171	168	129	157	170	159
19.		Jl. Simpang Akordion	MC2-5	21	25	19	23	25	22.6
20.	Jl. Akordion Selatan	Jl. Saxophone	HV3-1	2	2	2	3	1	0
21.			LV3-1	36	28	36	50	26	35.2
22.			MC3-1	388	248	291	397	278	320.4
23.		Jl. Candi Panggung Barat	HV3-2	2	1	0	0	1	2
24.			LV3-2	4	6	3	7	5	5
25.			MC3-2	132	97	109	132	127	119.4
26.		Jl. Akordion	HV3-4	0	0	0	0	0	0.8
27.			LV3-4	45	57	61	66	55	56.8
28.			MC3-4	612	701	720	671	711	683
29.		Jl. Simpang Akordion	MC3-5	17	30	18	17	27	21.8
30.	Jl. Akordion	Jl. Saxophone	HV4-1	0	0	0	0	0	0
31.			LV4-1	3	5	5	12	7	6.4
32.			MC4-1	32	29	15	37	22	27
33.		Jl. Candi Panggung Barat	LV4-2	66	60	55	47	50	55.6
34.			MC4-2	225	215	154	199	178	194.2
35.		Jl. Akordion Selatan	HV4-3	0	0	0	0	0	0
36.			LV4-3	22	25	22	24	18	22.2
37.			MC4-3	456	397	407	483	353	419.2
38.	Jl. Simpang Akordion	Jl. Saxophone	LV5-1	0	0	0	0	0	0
39.			MC5-1	11	13	16	16	15	14.2
40.		Jl. Candi Panggung Barat	LV5-2	8	8	3	3	7	5.8
41.			MC5-2	61	63	56	65	78	64.6
42.		Jl. Akordion Selatan	LV5-3	0	1	1	2	3	1.4
43.			MC5-3	22	16	21	24	21	20.8

Jumlah kendaraan yang keluar dari sistem arus lalu lintas bergantung pada jumlah kendaraan yang masuk dalam sistem tersebut sehingga apabila jumlah kendaraan yang masuk pada salah satu arus jalan lebih banyak dibandingkan ruas jalan yang lain, maka jumlah kendaraan yang keluar dari ruas jalan tersebut juga lebih banyak dibandingkan jumlah kendaraan yang keluar dari ruas jalan lain. Pada Tabel 4.50 tersebut kendaraan berat yang paling banyak keluar dari sistem pada pukul 15.30-16.30 adalah kendaraan berat yang berasal dari Jalan Saxophone yang akan menuju ke Jalan Candi Panggung Barat (HV1-2). Kendaraan ringan terbanyak yang keluar dari sistem adalah berasal dari Jalan Candi Panggung Barat yang akan menuju ke Jalan Saxophone (LV2-1) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion yang menuju ke Jalan Akordion Selatan (LV5-3). Jumlah sepeda motor terbanyak yang keluar dari sistem arus lalu lintas ini adalah dari Jalan Akordion Selatan menuju ke Jalan Akordion (MC3-4) sedangkan yang paling sedikit adalah dari Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Jalan Saxophone (MC5-1).

3. *Waiting Time*

Tabel 4.51

Waiting Time pada Setiap Ruas Jalan Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30 (Jam)

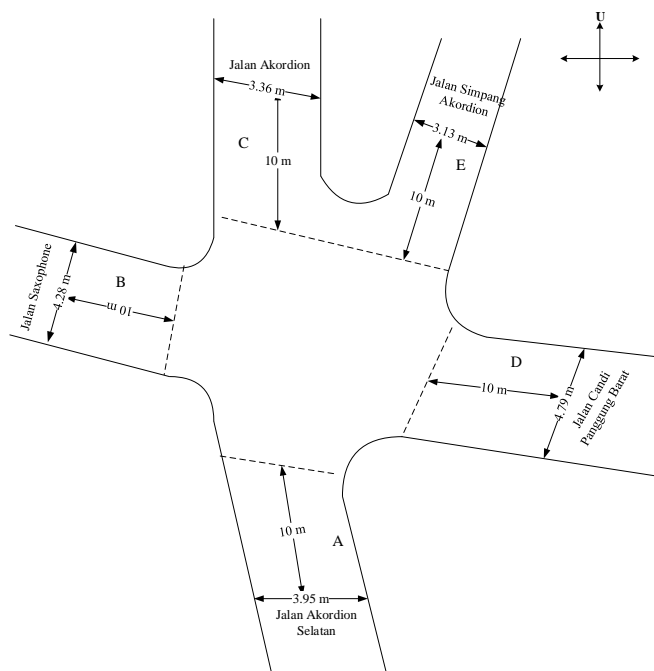
No.	Ruas Jalan	Entitas	Replikasi					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1.	Jl. Saxophone	<i>Hold1.Queue</i>	0.0512	0.1355	0.1032	0.0527	0.0961	0.0878
2.	Jl. Candi Panggung Barat	<i>Hold2.Queue</i>	0.0850	0.0198	0.0594	0.0978	0.0126	0.0549
3.	Jl. Akordion Selatan	<i>Hold3.Queue</i>	0.0344	0.0559	0.0591	0.0482	0.0553	0.0506
4.	Jl. Akordion dan Simpang Akordion	<i>Hold4.Queue</i>	0.0942	0.0622	0.1331	0.0838	0.0906	0.0928

Berdasarkan Tabel 4.51 dapat diketahui bahwa waktu tunggu yang paling lama adalah pada *Hold 4* yang merupakan Jalan Akordion dan Simpang Akordion yaitu dengan rata-rata 0.0928 jam atau 5.568 menit karena kondisi jalan yang kendaraan sangat jarang dilewati sehingga persimpangan melayani ruas jalan yang memiliki antrian atau jumlah kendaraan yang lebih panjang atau banyak terlebih dahulu dan mengakibatkan ruas jalan dengan jumlah kendaraan yang lebih sedikit mengalami waktu tunggu yang lebih lama.

4.11 Analisis Kinerja Persimpangan Tunggulwulung dengan MKJI

Kinerja persimpangan Tunggulwulung dapat dianalisis dengan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Gambar 4.10 merupakan geometri simpang pada persimpangan

Tunggulwulung. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kota Malang (2015), jumlah penduduk di Kota Malang adalah 850.000 jiwa sehingga ukuran kota untuk Kota Malang adalah sedang. Lingkungan jalan pada persimpangan Tunggulwulung tergolong permukiman karena pada persimpangan tersebut rata-rata lahan digunakan untuk tempat tinggal dengan kelas hambatan samping tinggi dimana besar arus masuk dan keluar kendaraan bergantung pada kendaraan yang keluar masuk halaman samping jalan (masuk parkir ruko, sekolah, dan pasar), kendaraan yang berhenti di tepi jalan, dan kendaraan yang mengantri melebihi pendekat jalan. Tipe simpang yang mendekati untuk persimpangan Tunggulwulung adalah 422 dengan kapasitas 2900 smp/jam.



Gambar 4.19 Geometri simpang pada persimpangan Tunggulwulung

1. Analisis Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Pukul 06.00-07.00

Kondisi geometrik persimpangan Tunggulwulung digambarkan dengan sketsa geometri simpang pada Gambar 4.10 sedangkan kondisi lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00-07.00 telah terlampir pada Lampiran 15 bagian Formulir USIG-I. Berdasarkan data dari Formulir USIG-I dan setelah dilakukan perhitungan, derajat kejenuhan persimpangan Tunggulwulung pada pukul 06.00-07.00 mencapai 1.3 dan termasuk dalam kondisi sangat tinggi karena jumlah kendaraan yang masuk atau melewati persimpangan melebihi kapasitas dari persimpangan tersebut. Derajat kejenuhan persimpangan Tunggulwulung pukul 06.00-07.00 tersebut melebihi derajat kejenuhan normal yaitu 0.85 sehingga diperlukan perbaikan untuk mengurangi derajat kejenuhan pada kondisi yang sudah ada.

2. Analisis Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Pukul 11.30-12.30

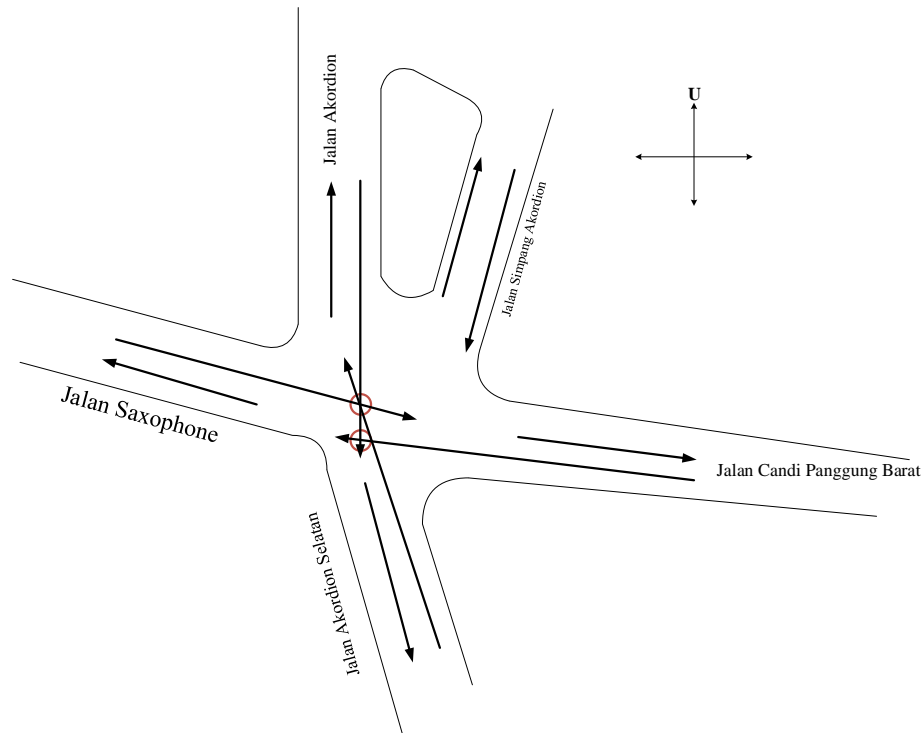
Kondisi geometrik dan kondisi lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pukul 11.30-12.30 telah terlampir pada Lampiran 16 bagian Formulir USIG-I. Hasil analisis kinerja persimpangan Tunggulwulung pada pukul 11.30-12.30 berdasarkan kejenuhan adalah persimpangan memiliki derajat kejenuhan 1.10 dan termasuk dalam kondisi sangat tinggi karena jumlah kendaraan yang masuk atau melewati persimpangan melebihi kapasitas dari persimpangan tersebut serta melebihi derajat kejenuhan normal yaitu 0.85 sehingga diperlukan perbaikan untuk mengurangi derajat kejenuhan pada kondisi yang sudah ada.

3. Analisis Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Pukul 15.30-16.30

Kondisi geometrik dan kondisi lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pukul 15.30-16.30 telah terlampir pada Lampiran 17 bagian Formulir USIG-I. Hasil perhitungan derajat kejenuhan dari analisis kinerja persimpangan Tunggulwulung pada pukul 15.30-16.30 adalah 1.30 dan termasuk dalam kondisi sangat tinggi karena jumlah kendaraan yang masuk atau melewati persimpangan melebihi kapasitas dari persimpangan tersebut serta melebihi derajat kejenuhan normal yaitu 0.85 sehingga diperlukan perbaikan untuk mengurangi derajat kejenuhan pada kondisi yang sudah ada.

4.12 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis simulasi dan perhitungan menggunakan panduan MKJI, dapat diketahui bahwa kinerja persimpangan Tunggulwulung masih belum baik karena waktu tunggu kendaraan lama dan derajat kejenuhannya tergolong tinggi sehingga diperlukan perbaikan agar pengendara yang melewati persimpangan tersebut puas dengan tidak menunggu terlalu lama untuk bergerak menuju ruas jalan tujuannya. Selain itu, titik konflik berupa *crossing* yang terjadi pada persimpangan ini sangat banyak salah satu contohnya seperti pada Gambar 4.20. Perbaikan tersebut dianalisis kembali dengan menggunakan panduan dari MKJI dan disimulasikan dengan menggunakan estimasi waktu kendaraan berjalan apabila kendaraan bergerak menuju ruas jalan tujuan tanpa hambatan (tidak ada kendaraan yang lebih pendekat jalan).



Gambar 4.20 Contoh crossing pada kondisi awal persimpangan Tunggalwulung

Berikut merupakan alternatif perbaikan yang dianalisis dengan berdasarkan panduan dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia.

1. Alternatif 1

Mengubah hambatan samping dari sedang menjadi rendah dengan membuat marka melintang garis utuh (*stop line*) pada pendekatan di masing-masing ruas jalan. Berdasarkan MKJI (1997), marka melintang garis utuh (*stop line*) pada persimpangan sebaiknya ditempatkan 3-4 meter dari garis lurus perkerasan untuk mempermudah kendaraan yang membelok dan tidak menghalangi kendaraan-kendaraan yang bergerak lurus.

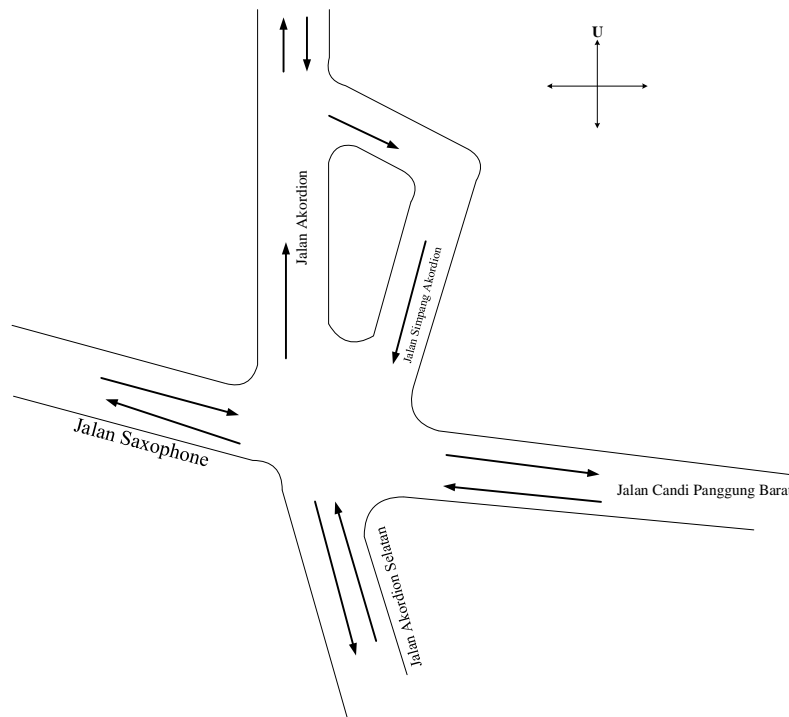


Gambar 4.21 Stop line

Sumber: Departemen Perhubungan (2013)

2. Alternatif 2

Mengubah hambatan samping dari sedang menjadi rendah (alternatif 1) dan pengaturan arus satu arah untuk semua jenis kendaraan pada jalan minor yaitu Jalan Simpang Akordion (E).



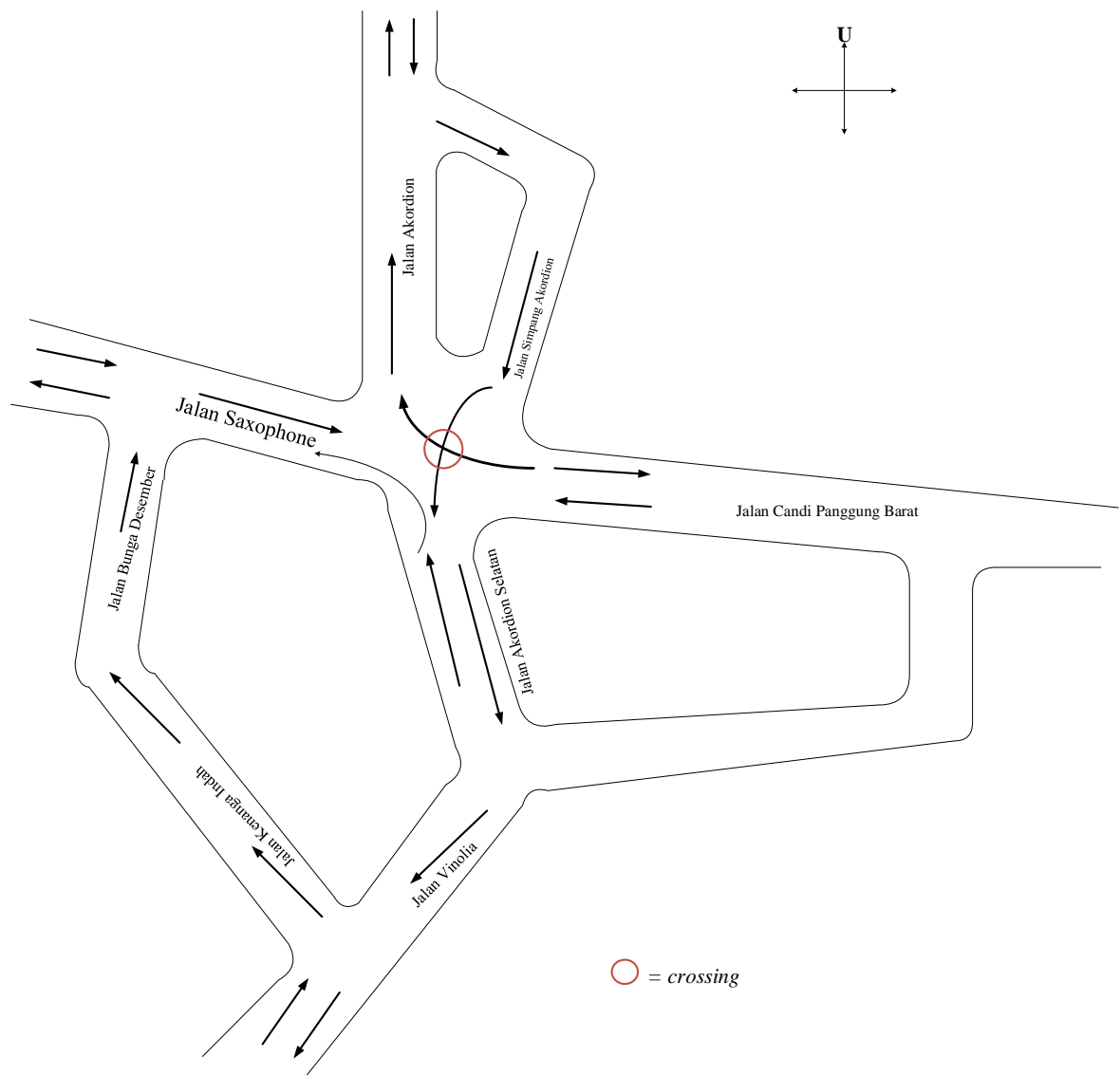
Gambar 4.22 Alternatif 2

3. Alternatif 3

Mengubah hambatan samping dari sedang menjadi rendah (alternatif 1) dan pengaturan arus satu arah pada waktu puncak untuk semua jenis kendaraan pada ruas jalan berikut:

- Jalan Saxophone dapat menjadi arus keluar kendaraan yang datang dari arah barat. Kendaraan yang sebelumnya berasal dari Jalan Akordion dan Simpang Akordion melewati Akordion Selatan kemudian dapat belok ke kanan menuju Jalan Vinolia dan masuk menuju Jalan Kenanga Indah dan Bunga Desember yang termasuk jalan pemukiman yang sering digunakan sebagai jalan pintas keluar masuk kendaraan apabila jalan utama mengalami kemacetan atau berputar di Jalan Akordion Selatan kemudian menuju ke Jalan Saxophone.
- Jalan Akordion Selatan menjadi arus masuk kendaraan yang berasal dari Jalan Saxophone, Jalan Simpang Akordion, dan Jalan Candi Panggung Barat dan dapat menjadi arus keluar bagi kendaraan yang menuju Jalan Saxophone.
- Jalan Akordion menjadi arus masuk kendaraan yang berasal dari Jalan Saxophone dan Candi Panggung Barat.

- d. Jalan Simping Akordion menjadi arus keluar kendaraan yang berasal dari Jalan Akordion.



Gambar 4.23 Alternatif 3

Alternatif perbaikan juga dianalisis menggunakan simulasi dengan skenario sebagai berikut.

1. Skenario Rekomendasi Perbaikan 1 pada Simulasi

Skenario rekomendasi perbaikan 1 pada simulasi menggambarkan alternatif 1 yang dianalisis dengan panduan MKJI. Skenario rekomendasi perbaikan 1 pada simulasi dilakukan dengan mengubah waktu berjalannya kendaraan dari ruas jalan asal ke ruas jalan tujuan dengan berdasarkan estimasi waktu kendaraan yang bergerak ketika masing-masing ruas jalan diasumsikan tidak terdapat hambatan kendaraan yang berhenti di luar pendekat. Estimasi waktu kendaraan berjalan dengan tidak adanya hambatan kendaraan yang berhenti di luar pendekat dilakukan dengan mengukur jarak

pendekat ruas jalan asal kendaraan menuju ke ruas jalan tujuan dengan menggunakan bantuan *Google Earth*. Jarak tersebut akan dibagi dengan kecepatan kendaraan ketika melintasi persimpangan. Kecepatan kendaraan asumsi pada MKJI adalah 10 km/jam apabila kendaraan belok kanan maupun kiri dan 20 km/jam untuk kendaraan yang lurus. Berikut merupakan hasil estimasi waktu kendaraan berjalan apabila hambatan menjadi rendah dan dilakukannya pelebaran jalan.

Tabel 4.52

Estimasi Waktu Kendaraan Berjalan untuk Rekomendasi Perbaikan

No.	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Jarak	Kecepatan	Estimasi Waktu
1	Jalan Saxophone	Jalan Candi Panggung Barat	14.6 m	20 km/jam	2.628 detik
2		Jalan Akordion Selatan	10.6 m	10 km/jam	3.816 detik
3		Jalan Akordion	6.39 m	10 km/jam	2.3 detik
4	Jalan Candi Panggung Barat	Jalan Saxophone	14.6 m	20 km/jam	2.628 detik
5		Jalan Akordion Selatan	5.52 m	10 km/jam	1.987 detik
6		Jalan Akordion	16.3 m	10 km/jam	5.868 detik
7		Jalan Simpang Akordion	10.2 m	10 km/jam	3.672 detik
8	Jalan Akordion Selatan	Jalan Saxophone	7.74 m	10 km/jam	2.786 detik
		Jalan Candi Panggung Barat	11.3 m	10 km/jam	4.068 detik
9		Jalan Akordion	12 m	20 km/jam	2.16 detik
10		Jalan Simpang Akordion	11.6 m	20 km/jam	2.088 detik
11	Jalan Akordion dan Simpang Akordion	Jalan Saxophone	10.7 m	10 km/jam	3.852 detik
12		Jalan Akordion Selatan	12 m	20 km/jam	2.16 detik
13	Jalan Akordion	Jalan Candi Panggung Barat	13.4 m	10 km/jam	4.824 detik
14	Jalan Simpang Akordion	Jalan Candi Panggung Barat	6.64 m	10 km/jam	2.3904 detik

2. Rekomendasi Perbaikan 2 pada Simulasi

Rekomendasi perbaikan 2 pada simulasi menggambarkan alternatif 2 pada analisis dengan panduan MKJI yaitu menggabungkan rekomendasi perbaikan 1 serta mengubah Jalan Simpang Akordion menjadi satu arah dengan mengarahkan kendaraan yang menuju ke Jalan Simpang Akordion menuju ke Jalan Akordion.

3. Rekomendasi Perbaikan 3 pada Simulasi

Rekomendasi perbaikan 3 pada simulasi menggambarkan alternatif 3 pada analisis dengan menggunakan panduan MKJI yaitu dengan menggabungkan rekomendasi perbaikan 1 dan mengubah Jalan Saxophone, Akordion Selatan, Akordion, dan Simpang Akordion menjadi satu arah.

Rekomendasi atau alternatif lain yang dapat diberikan selain berdasarkan perhitungan dengan panduan MKJI maupun simulasi adalah sebagai berikut.

1. Pelebaran Jalan

Pelebaran jalan dapat menjadi alternatif perbaikan untuk mengatasi kemacetan pada persimpangan Tunggulwulung karena kondisi lebar jalan ruas jalan persimpangan tersebut masih tergolong sempit terutama apabila terdapat truk dan mobil yang berpapasan, maka salah satu kendaraan perlu mengalah sehingga memperlambat laju kendaraan. Akan tetapi, pelebaran jalan membutuhkan biaya besar seperti biaya kompensasi untuk penduduk yang telah membuat bangunan yang terlalu dekat dengan bahu jalan sehingga akan cukup sulit untuk diterapkan.

2. Pemberian Rambu Dilarang Berhenti

Rambu dilarang berhenti dapat ditempatkan di sepanjang jalan pada jarak tertentu yang mendekati persimpangan karena faktor terjadinya kemacetan adalah adanya kendaraan yang parkir di pinggir jalan sekitar persimpangan.



Gambar 4.24 Rambu dilarang berhenti

3. Penerapan Ketertiban Berkendara

Ketertiban sangat perlu untuk diterapkan dalam mengatasi kemacetan sehingga diperlukan sosialisasi dan pembiasaan kepada pengguna jalan persimpangan Tunggulwulung. Contohnya adalah pembiasaan yang dilakukan dengan bantuan supeltas untuk menahan kendaraan di pendekat jalan dan tidak memperbolehkan pengendara berhenti di tengah jalan sehingga tidak menghalangi kendaraan yang seharusnya dapat berjalan.

4. Pembuatan Putaran pada Jalan Akordion Selatan dan Saxophone

Kendaraan yang berasal dari Jalan Candi Panggung Barat dan menuju ke Jalan Saxophone dapat melewati Jalan Akordion Selatan dengan adanya putaran untuk menghindari konflik perpotongan kendaraan pada persimpangan. Karakteristik arus ini hampir sama dengan alternatif 3 karena kendaraan yang menuju ke Saxophone dari Jalan Candi Panggung Barat perlu melewati Jalan Akordion Selatan.

4.12.1 Rekomendasi Perbaikan Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Pagi Hari

Masalah yang terjadi pada kinerja lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pagi hari pukul 06.00-07.00 adalah lamanya waktu tunggu kendaraan khususnya pada Jalan Candi Panggung Barat dan Jalan Akordion Selatan. Berikut ini hasil analisa dari rekomendasi perbaikan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia dan hasil simulasi perbaikan arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pagi hari.

1. Rekomendasi Perbaikan dengan MKJI

Berikut ini merupakan hasil dari rekomendasi perbaikan dengan perhitungan dari MKJI.

Tabel 4.53

Hasil Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pagi Hari dengan MKJI

Alternatif	Derajat Kejenuhan (DS)
<i>Existing</i>	1.3
1	1.3
2	1.3
3	0.77

Berdasarkan hasil perhitungan dengan panduan dari MKJI, alternatif 3 memiliki derajat kejenuhan paling kecil yaitu 0.77 dibandingkan dengan alternatif yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan *stop line* serta penetapan arus satu arah pada masing-masing ruas jalan dapat mengurangi derajat kejenuhan.

2. Hasil Simulasi Rekomendasi Perbaikan dengan ARENA 14.0

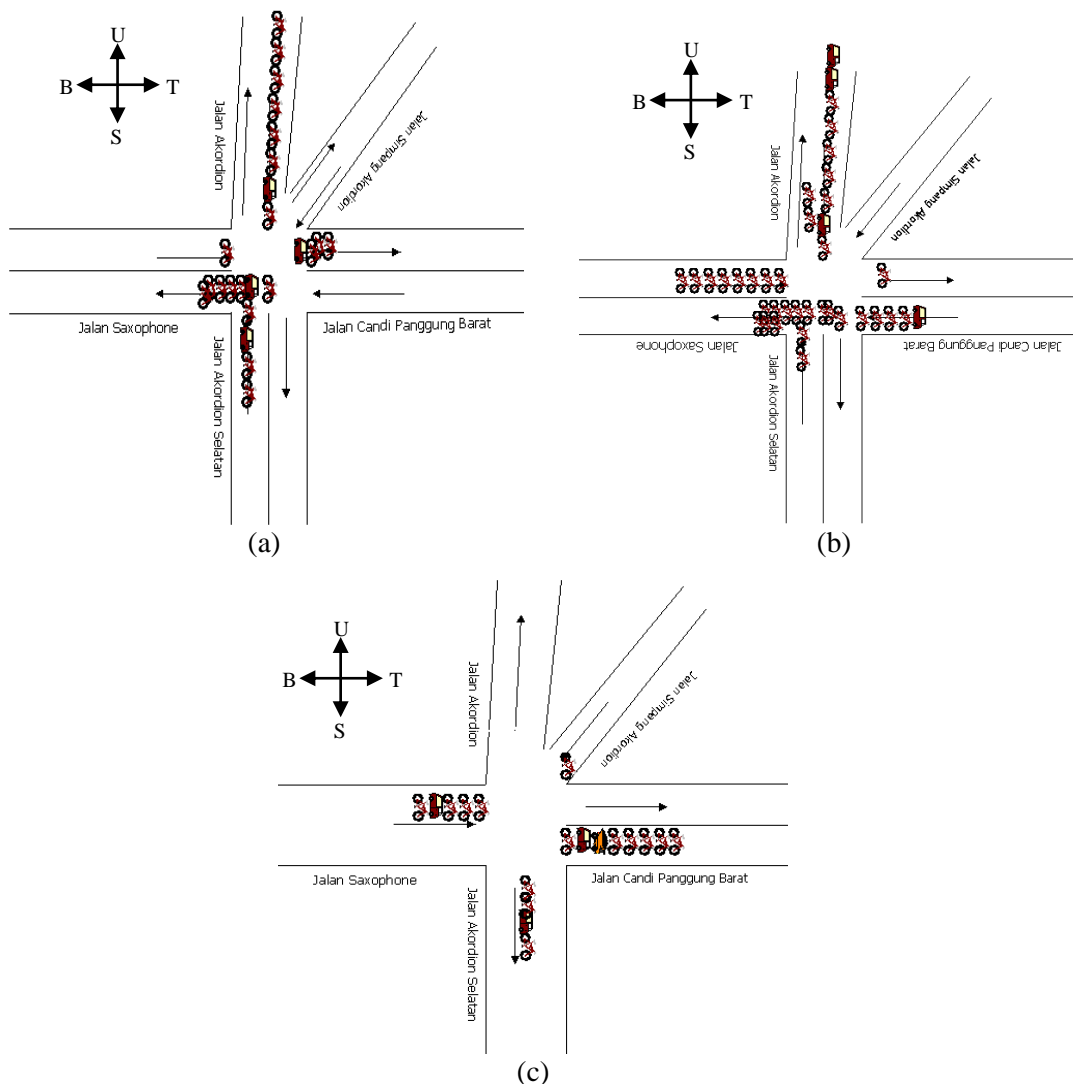
Tabel 4.54

Output Simulasi Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Pagi Hari

Ruas Jalan	Skenario	Waiting Time (Jam)					Rata-rata (Jam)
		1	2	3	4	5	
Saxophone	<i>Existing</i>	0.0864	0.0698	0.1130	0.0859	0.0789	0.0868
	1	0.0316	0.0680	0.0951	0.0818	0.0908	0.0734
	2	0.0636	0.0638	0.0791	0.0487	0.0849	0.0681
	3	0.0897	0.0599	0.0621	0.0088	0.0962	0.0633
Candi Panggung Barat	<i>Existing</i>	0.0665	0.0637	0.0972	0.1738	0.1271	0.1057
	1	0.0633	0.0539	0.0859	0.0816	0.0831	0.0735
	2	0.0862	0.0479	0.0555	0.0568	0.0887	0.0671
	3	0.0207	0.0011	0.0177	0.0135	0.0065	0.0119
Akordion Selatan	<i>Existing</i>	0.1226	0.0873	0.0822	0.0734	0.0941	0.0919
	1	0.0807	0.0806	0.0911	0.0887	0.0857	0.0853
	2	0.0758	0.0762	0.0830	0.0923	0.0972	0.0849
	3	0	0	0	0	0	0
Akordion dan Simpang Akordion	<i>Existing</i>	0.1229	0.0783	0.0123	0.0883	0.0986	0.0801
	1	0.0313	0.0615	0.0567	0.0683	0.0660	0.0567
	2	0.0796	0.0620	0.0622	0.0592	0.0701	0.0666
Simpang Akordion	3	0.0190	0.0192	0.0242	0.0780	0.0314	0.0344

Hasil simulasi rekomendasi perbaikan arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pagi hari menunjukkan bahwa apabila skenario 3 diterapkan, *waiting time* pada

masing-masing ruas jalan menjadi berkurang dari kondisi awal yaitu waktu tunggu di Jalan Saxophone dari 0.0868 jam (5.2 menit) menjadi 0.0633 jam (3.7 menit), Jalan Simpang Akordion berkurang dari 0.0801 jam (5 menit) menjadi 0.0344 jam (2.064 menit), dan Jalan Candi Panggung Barat berkurang dari 0.1057 jam (6.342 menit) menjadi 0.0119 jam (42.8 detik). Tidak terdapat antrian pada Jalan Akordion Selatan, dan Akordion karena ketiga jalan tersebut hanya difungsikan menjadi ruas jalan tujuan. Hal tersebut menunjukkan skenario 3 dapat merubah lama waktu tunggu di setiap ruas jalan persimpangan Tunggulwulung pada pagi hari menjadi lebih cepat dibandingkan kondisi awal.



Gambar 4.25 Interface simulasi lalu lintas pagi hari (a) *existing*; (b) skenario 2; (c) skenario 3

Dari hasil analisis dengan panduan MKJI dan simulasi skenario rekomendasi perbaikan lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pagi hari, alternatif 3 dan skenario 3 dapat dipilih karena menunjukkan derajat kejenuhan yang paling kecil dibandingkan pilihan lain dan memberikan nilai waktu tunggu yang lebih kecil dibandingkan skenario lain dan kondisi

awal simulasi. Perbaikan lalu lintas tersebut dapat dilakukan dengan membuat *stopline* pada pendekat di masing-masing ruas jalan dan kebijakan satu arah pada jam puncak di Jalan Saxophone, Akordion Selatan, Akordion, dan Simpang Akordion

4.12.2 Rekomendasi Perbaikan Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Siang Hari

Hasil analisa dari rekomendasi perbaikan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia dan hasil simulasi perbaikan arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada siang hari pukul 11.30-12.30 adalah sebagai berikut.

1. Rekomendasi Perbaikan dengan MKJI

Berikut ini merupakan hasil dari rekomendasi perbaikan dengan perhitungan MKJI.

Tabel 4.55

Hasil Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Siang Hari dengan MKJI

Alternatif	Derajat Kejenuhan (DS)
<i>Existing</i>	1.10
1	1.09
2	1.06
3	0.80

Hasil perhitungan masing-masing pilihan menunjukkan bahwa alternatif 3 memiliki derajat kejenuhan terkecil yaitu sebesar 0.80 dibandingkan dengan alternatif lain sehingga alternatif 3 dapat dipilih untuk perbaikan lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada siang hari.

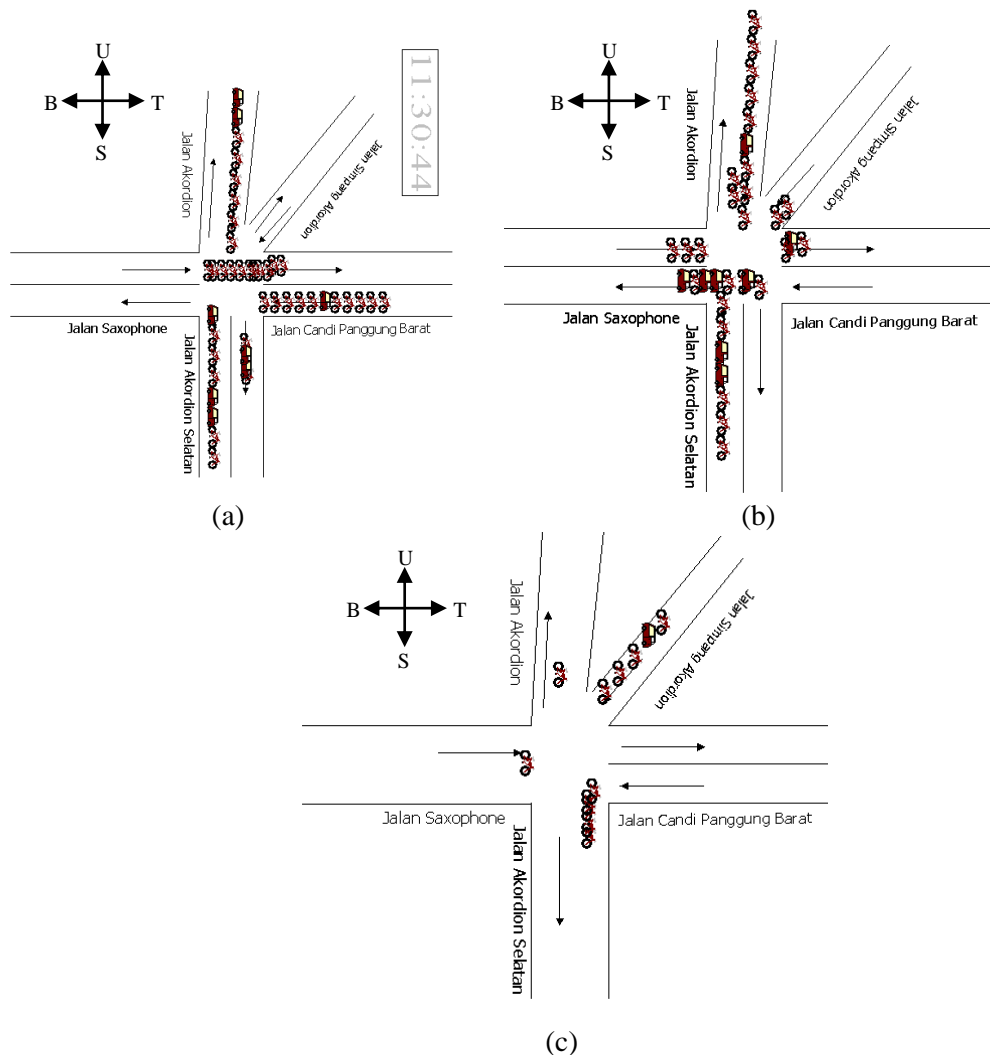
2. Hasil Simulasi Rekomendasi Perbaikan dengan ARENA 14.0

Tabel 4.56

Output Simulasi Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Siang Hari

Ruas Jalan	Skenario	Waiting Time (Jam)					Rata-rata (Jam)
		1	2	3	4	5	
Saxophone	<i>Existing</i>	0.0435	0.0393	0.0330	0.0340	0.0398	0.0379
	1	0.0215	0.0245	0.0206	0.0157	0.0171	0.0199
	2	0.0188	0.0237	0.0126	0.0186	0.0204	0.0188
	3	0.0022	0.0094	0.0053	0.0025	0.0024	0.0044
Candi Panggung Barat	<i>Existing</i>	0.0452	0.0393	0.0322	0.0399	0.0352	0.0384
	1	0.0371	0.0382	0.0427	0.0335	0.0187	0.0341
	2	0.0305	0.0390	0.0336	0.0288	0.0262	0.0316
	3	0.0102	0.0071	0.0106	0.0252	0.0021	0.0110
Akordion Selatan	<i>Existing</i>	0.0486	0.0353	0.0370	0.0363	0.0372	0.0389
	1	0.0518	0.0470	0.0562	0.0366	0.0215	0.0426
	2	0.0411	0.0497	0.0328	0.0367	0.0252	0.0371
	3	0	0	0	0	0	0
Akordion dan Simpang Akordion	<i>Existing</i>	0.1380	0.0715	0.0558	0.0617	0.0897	0.0833
	1	0.0704	0.0685	0.0827	0.0787	0.0542	0.0709
	2	0.0551	0.0924	0.0701	0.0741	0.0580	0.0699
Simpang Akordion	3	0.0088	0.0719	0.0296	0.0155	0.0131	0.0278

Dari simulasi skenario perbaikan lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada siang hari, skenario 3 memiliki nilai *waiting time* lebih kecil dibandingkan skenario lain pada setiap ruas jalan, yaitu pada Jalan Saxophone waktu tunggu berkurang dari 0.0378 jam (2.27 menit) menjadi 0.0044 jam (15.84 detik), Jalan Simping Akordion berkurang dari 0.0833 jam (5 menit) menjadi 0.0278 jam (1.6 menit), dan Jalan Candi Panggung Barat berkurang dari 0.0384 jam (2.3 menit) menjadi 0.011 jam (39.6 detik).



Gambar 4.26 Interface simulasi lalu lintas siang hari (a) *existing*; (b) skenario 2; (c) skenario 3

Berdasarkan hasil perhitungan dengan panduan MKJI dan hasil simulasi skenario perbaikan lalu lintas persimpangan Tunggulwulung, alternatif 3 dari perhitungan derajat kejenuhan dengan panduan MKJI dan skenario rekomendasi perbaikan 3 pada simulasi dapat dipilih untuk perbaikan untuk lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada siang hari karena memiliki derajat kejenuhan terkecil dan dapat mengurangi *waiting time* pada masing-masing ruas jalan di persimpangan Tunggulwulung pada siang hari yaitu dengan membuat *stop line* pada pendekat di masing-masing ruas jalan dan kebijakan satu arah pada Jalan Saxophone, Akordion Selatan, Akordion, dan Simping Akordion.

4.12.3 Rekomendasi Perbaikan Kinerja Persimpangan Tunggulwulung Sore Hari

Arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pukul 15.30-16.30 masih memiliki derajat kejenuhan yang tinggi dan memiliki waktu tunggu yang lama di masing-masing ruas jalan sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan agar derajat kejenuhan dan waktu tunggu dapat berkurang.

1. Rekomendasi Perbaikan dengan MKJI

Berikut ini merupakan hasil dari rekomendasi perbaikan dengan perhitungan MKJI.

Tabel 4.57

Hasil Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Sore Hari dengan MKJI

Alternatif	Derajat Kejenuhan (DS)
<i>Existing</i>	1.30
1	1.29
2	1.24
3	0.66

Berdasarkan hasil perhitungan, alternatif 3 memiliki derajat kejenuhan paling kecil yaitu 0.66 dibandingkan dengan alternatif lainnya. Derajat kejenuhan tersebut berkurang apabila dibandingkan dengan kondisi awal yang sebesar 1.30 sehingga alternatif 3 dapat dipilih untuk memperbaiki kondisi arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada sore hari.

2. Hasil Simulasi Rekomendasi Perbaikan dengan ARENA 14.0

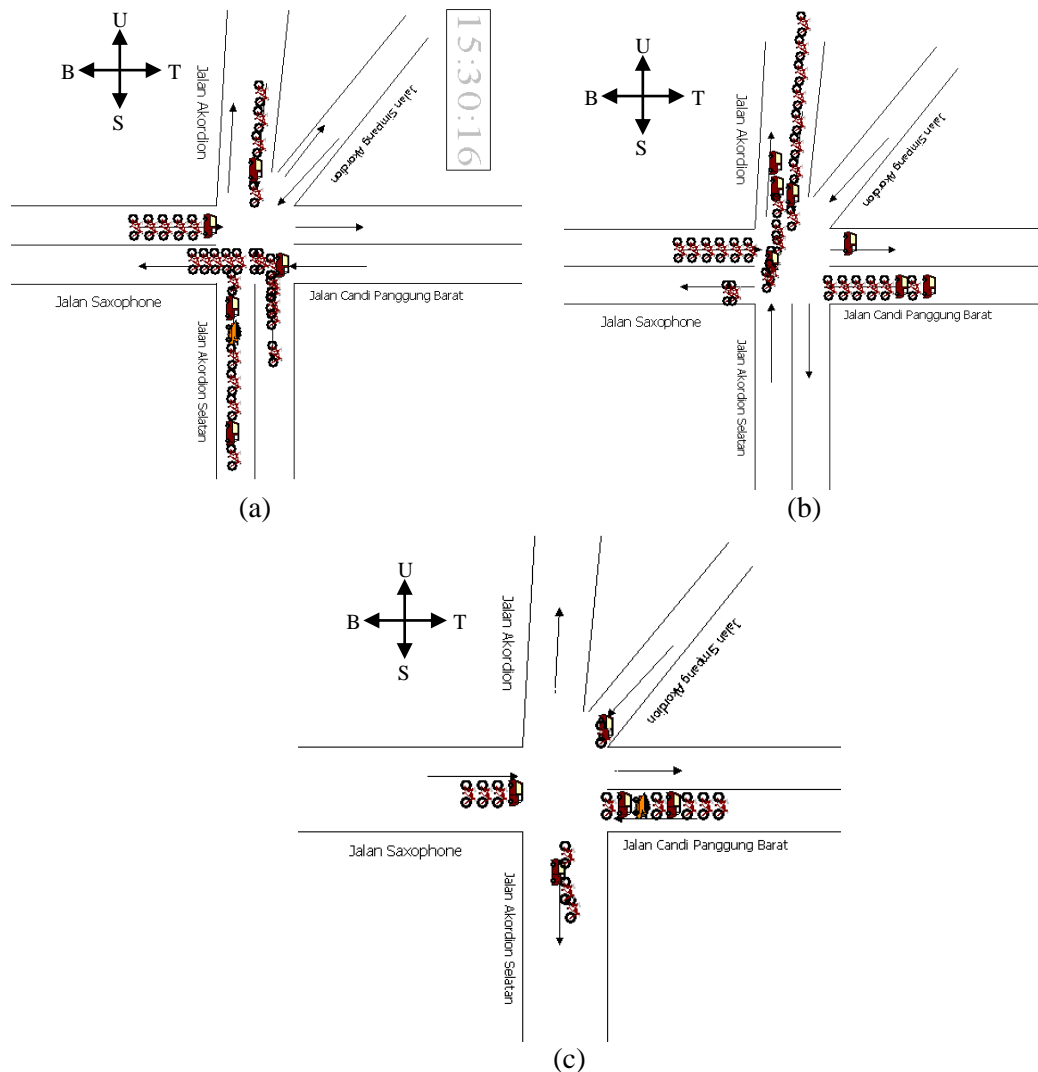
Tabel 4.58

Output Simulasi Rekomendasi Perbaikan Lalu Lintas Persimpangan Tunggulwulung Sore Hari

Ruas Jalan	Skenario	Waiting Time (Jam)					Rata-rata (Jam)
		1	2	3	4	5	
Saxophone	<i>Existing</i>	0.0512	0.1355	0.1032	0.0527	0.0961	0.0878
	1	0.0419	0.0217	0.0184	0.0311	0.0338	0.0294
	2	0.0421	0.0294	0.0444	0.0371	0.0631	0.0432
	3	0.0315	0.0260	0.0092	0.0160	0.0209	0.0207
Candi Panggung Barat	<i>Existing</i>	0.0850	0.0198	0.0594	0.0978	0.0126	0.0549
	1	0.0517	0.0486	0.0414	0.0396	0.0372	0.0437
	2	0.0352	0.0539	0.0494	0.0573	0.0491	0.0490
	3	0.0086	0.0067	0.0106	0.0014	0.0046	0.0064
Akordion Selatan	<i>Existing</i>	0.0344	0.0559	0.0591	0.0482	0.0553	0.0506
	1	0.0407	0.0420	0.0376	0.0354	0.0319	0.0375
	2	0.0376	0.0433	0.0400	0.0387	0.0412	0.0399
	3	0	0	0	0	0	0
Akordion dan Simpang Akordion	<i>Existing</i>	0.0942	0.0622	0.1331	0.0838	0.0906	0.0928
	1	0.0465	0.0809	0.0459	0.0516	0.0557	0.0561
	2	0.0668	0.0613	0.0643	0.0600	0.0734	0.0652
Simpang Akordion	3	0.1032	0.0005	0.0523	0.0724	0.1091	0.0836

Dari hasil simulasi dengan 3 skenario tersebut dapat diketahui bahwa *waiting time* pada skenario 3 lebih cepat dibandingkan dengan skenario lain. Ketiga skenario tersebut

dapat mengurangi *waiting time* yang terjadi pada kondisi awal. Pada skenario 1, waktu tunggu pada Jalan Saxophone berkurang dari 0.0878 jam atau 5.3 menit menjadi 0.0207 jam atau 1.2 menit, Jalan Simpang Akordion berkurang dari 0.0928 jam atau 5.6 menit menjadi 0.0836 jam atau 5 menit, dan Jalan Candi Panggung Barat berkurang dari 0.0549 jam atau 3.2 menit menjadi 0.0064 jam atau 23 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa skenario 3 dapat dipilih untuk perbaikan arus lalu lintas Tunggulwulung pada sore hari.



Gambar 4.27 Interface simulasi lalu lintas sore hari (a) *existing*; (b) skenario 1; (c) skenario 2

Hasil perhitungan MKJI dan simulasi skenario perbaikan arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada sore hari menunjukkan bahwa alternatif 3 pada MKJI dan skenario 3 pada simulasi dapat dipilih untuk memperbaiki lalu lintas persimpangan tersebut untuk mengurangi *waiting time*. Berdasarkan hasil analisis rekomendasi perbaikan arus lalu lintas persimpangan Tunggulwulung pada pagi hari, siang hari, dan sore hari rekomendasi yang terpilih merupakan alternatif 3 dan skenario 3.

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan MKJI serta pertimbangan dari beberapa rekomendasi yang ada, maka rekomendasi yang dapat dipilih adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan *stopline* dan marka jalan serta rambu dilarang berhenti di sekitar persimpangan.
2. Arus satu arah pada Jalan Akordion, Simpang Akordion, Akordion Selatan, dan Saxophone.
3. Pembuatan putaran jalan pada Jalan Akordion Selatan.
4. Penerapan ketertiban berkendara.

BAB V

PENUTUP

Pada bab penutup akan dibuat kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang berkaitan dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian dari bab sebelumnya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian mengenai simulasi arus lalu lintas pada persimpangan Tunggulwulung yang telah dilakukan adalah:

1. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dibuat dapat diketahui bahwa masing-masing ruas jalan pada pagi hari (pukul 06.00 -07.00), siang hari (pukul 11.30-12.30), dan sore hari (pukul 15.30-16.30) memiliki rata-rata waktu tunggu yang lama.
 - a. Pada pagi hari, rata-rata waktu tunggu pada Jalan Saxophone adalah 0.0868 jam atau 5.2 menit, Jalan Candi Panggung Barat 0.1057 jam atau 6.3 menit, Jalan Akordion Selatan 0.0919 jam atau 5.5 menit, serta Jalan Akordion dan Simpang Akordion 0.0801 jam atau 4.8 menit.
 - b. Pada siang hari, rata-rata waktu tunggu pada Jalan Saxophone adalah 0.0379 jam atau 2.3 menit, Jalan Candi Panggung Barat 0.0384 jam atau 2.3 menit, Jalan Akordion Selatan 0.0389 jam atau 2.3 menit, serta Jalan Akordion dan Simpang Akordion 0.0833 jam atau 4 menit.
 - c. Pada sore hari, rata-rata waktu tunggu pada Jalan Saxophone adalah 0.0878 jam atau 5.3 menit, Jalan Candi Panggung Barat 0.0549 jam atau 3.3 menit, Jalan Akordion Selatan 0.0506 atau 3 menit, serta Jalan Akordion dan Simpang Akordion 0.0928 jam atau 5.5 menit.
2. Rekomendasi perbaikan arus lalu lintas pada Persimpangan Tunggulwulung yang terpilih pada pagi hari, siang hari, dan sore hari berdasarkan analisis yang dilakukan adalah alternatif 3 pada analisis dengan panduan MKJI dan skenario 3 pada simulasi yaitu dengan membuat *stop line* pada pendekat di masing-masing ruas jalan dan kebijakan satu arah pada Jalan Saxophone, Akordion Selatan, Akordion, dan Simpang Akordion. Hasil dari rekomendasi perbaikan tersebut adalah:

a. Pagi Hari

Hasil analisis dengan panduan MKJI menunjukkan bahwa alternatif 3 dapat mengurangi derajat kejenuhan pada persimpangan Tunggulwulung dari 1.3 menjadi 0.77. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi dengan skenario 3, waktu tunggu kendaraan pada masing-masing ruas jalan berkurang yaitu Jalan Saxophone menjadi 0.0633 jam (3.7 menit), Jalan Simpang Akordion menjadi 0.0344 jam (2.064 menit), dan Jalan Candi Panggung Barat menjadi 0.0344 jam (2.064 menit). Tidak terdapat antrian pada Akordion Selatan, dan Akordion karena kedua jalan tersebut berfungsi sebagai ruas jalan tujuan.

b. Siang Hari

Alternatif 3 yang telah dianalisis dengan menggunakan panduan MKJI memiliki derajat kejenuhan yang lebih kecil daripada kondisi awal yaitu 0.80. Sedangkan hasil simulasi dengan skenario 3 dapat mengurangi waktu tunggu yaitu pada Jalan Saxophone waktu tunggu menjadi 0.0044 jam (15.84 detik), Jalan Simpang Akordion menjadi 0.0278 jam (1.6 menit), dan Jalan Candi Panggung Barat menjadi 0.011 jam (39.6 detik). Tidak terdapat antrian pada Akordion Selatan dan Akordion karena ketiga jalan tersebut berfungsi sebagai ruas jalan tujuan.

c. Sore Hari

Dari hasil analisis dengan panduan MKJI diperoleh derajat kejenuhan terkecil dibandingkan alternatif lain apabila yang diterapkan adalah alternatif 3 yaitu 0.80. Untuk hasil simulasi, skenario 3 memiliki waktu tunggu yang lebih kecil dibandingkan skenario lain yaitu Jalan Saxophone menjadi 0.0207 jam atau 1.2 menit, Jalan Simpang Akordion menjadi 0.0836 jam atau 5 menit, dan Jalan Candi Panggung Barat menjadi 0.0064 jam atau 23 detik. Tidak terdapat antrian pada Jalan Akordion Selatan dan Akordion karena ketiga jalan tersebut berfungsi sebagai ruas jalan tujuan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan analisis lebih lanjut pada jalan peralihan yaitu pada Jalan Vinolia, dan Bunga Desember apabila menerapkan kebijakan satu arah pada seluruh ruas jalan pada persimpangan Tunggulwulung.
2. Diperlukan analisis lebih lanjut dengan ada atau tidaknya putaran pada ruas jalan untuk menghindari konflik pada persimpangan

3. Dibutuhkan pelatihan atau instruksi kepada sukarelawan pengatur lalu lintas yang mengatur persimpangan Tunggulwulung untuk memberhentikan kendaraan di ujung pendekat jalan agar tidak terdapat kendaraan yang berhenti di tengah persimpangan sehingga menghalangi kendaraan lain yang akan melintas.
4. Dibutuhkan kesadaran sikap tertib berkendara bagi pengguna jalan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2001. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. 2004. *Discrete-Event System Simulation Fourth Edition*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2016. *Banyaknya Kendaraan Bermotor menurut Jenis Kendaraan*. Malang: Badan Pusat Statistik. <http://malangkota.bps.go.id/linkTabelStatis/wiew/id/496>. (diakses 3 Februari 2017)
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2015. *Malang dalam Angka*. Malang: BPS.
- Badan Perencanaan, Penelitian, dan Pengembangan Kota Malang. 2012. *Penyusunan Rencana Induk Jaringan Jalan Kota Malang*. Malang: Bappeda.
- Choi, B.K & Kang, D. 2013. *Modeling and Simulation of Discrete-Event Systems*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Direktorat Bina Jalan Kota. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: SWEROAD.
- Departemen Perhubungan. 2013. *Panduan Penempatan Fasilitas Perlengkapan Jalan*. Jakarta: Departemen Perhubungan
- Harianto, Joni. 2004. Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang pada Jalan Raya. *Jurnal Teknik Sipil*. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Harrel C., Ghosh, B. K. & Bowden, R. 2004. *Simulation Using Promodel Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Heizer, Jay & Rendel, B. 2006. *Manajemen Operasi, Edisi Tujuh*. Jakarta : Salemba Empat.
- Kamrani M., Abadi S. M. H. E. & Golroudbary S. R. 2014. Traffic Simulation of Two Adjacent Unsignalized T-Junctions During Rush Hours using Arena Software. *Simulation Modelling Practice and Theory* 49. 167-179.
- Kelton, W.D., Sadowski, R., & Sadowski, D. 2009. *Simulation with Arena Fifth Edition*. New Jersey: McGraw– Hill, Inc.
- Khisty, C.J. & Lall, B.K. 2003. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Law, A. M. & Kelton, W. D. 2000. *Simulation Modelling and Analysis Third Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Nurhafidah, Eliana. 2016. Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Jalan dengan Software ARENA untuk Mengurangi Durasi Antrian Kendaraan. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- O'Brien, J. A. & Marakas, G.M. 2011. *Management Information System*. 10th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak, serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas*. Sekretariat Negara: Jakarta.
- Rockwell Software. 2005. *Arena User's Guide*. USA: Rockwell Software Inc.

- Salimifard, K. & Ansari, M. 2013. Modeling and Simulation of Urban Traffic Signals. *International Journal of Modeling and Optimization*. Volume 3, No.2. 172-175.
- Surachman & Astuti, M. 2015. *Operations Research*. Edisi Kedua. Malang: Media Nusa Creative.
- Syahputra, Ersal. 2016. Rekayasa Arus Lalu Lintas dengan Menggunakan Arena Software untuk Meminimalkan Antrian Kendaraan pada Persimpangan. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Tamin, Ofyar Z. 2008. *Perencanaan & Permodelan Transportasi*. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 2008. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Virtamo, J. 2008. *Teletraffic Theory*. Espoo : Helsinki University of Technology.